Q
46
S6784
NH

S. I. LIBRARY

29 3 5675 843

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

NEUVIÈME SÉRIE. — TOME III

1900-1901

Smithsonian Institution
172740
JAN 27 1903
National Museum

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS
A LA SORBONNE

1901

*Le Secrétaire-Gérant,*
E.-L. BOUVIER.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

LILLE. — IMP. LE BIGOT FRÈRES

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

---

NEUVIÈME SÉRIE. — TOME III

---

1900-1901

---

172740

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS
A LA SORBONNE

1901

Q
46
S6784
Tesor.
t 3-4
1900-1902
SCNHRB

# A PROPOS D'UN TRAVAIL DE H. SÄNGER SUR LES PÉRIPATES

par M. E.-L. BOUVIER.

Le travail anatomique de Grube sur le *Peripatus Edwardsii* se trouve largement complété ou rectifié par un important mémoire qu'un naturaliste russe, H. Sänger, consacra en 1869 à l'étude anatomique du *P. capensis* et à la description morphologique d'une espèce nouvelle du même genre, le *P. Leukartii*. Rédigé en langue russe et publié dans un recueil peu répandu, le mémoire de Sänger est resté, pour la plus grande part, inconnu des zoologistes : on n'en possédait qu'une page traduite en anglais sous la direction du Professeur Spencer et relevée par M. Fletcher (en 1895) dans l'une de ses publications relatives aux Péripates. J'ai cru faire œuvre utile en faisant paraître en français, dans le *Bulletin de la Société philomathique* de Paris, le mémoire tout entier de l'auteur russe; si les zoologistes trouvent quelque intérêt à cette publication, ils devront en rendre hommage à mon excellent Collègue de Moscou, M. le Professeur Nicolas de Zograf, qui m'a obligeamment trouvé un traducteur russe et qui a bien voulu surveiller sa version au point de vue scientifique. J'ai revu moi-même la traduction au point de vue de la langue, mais avec une prudence extrême, préférant laisser dans le texte de nombreuses tournures étrangères plutôt que d'en altérer le sens. J'ai joint à cette traduction un certain nombre de figures choisies parmi les plus suggestives du mémoire et très exactement relevées par un excellent lithographe, M. A. Bénard.

Le mémoire de Sänger se divise en deux parties très inégales ; la première, qui est de beaucoup la plus longue, est consacrée à l'étude anatomique de *P. capensis*; la seconde, qui est fort réduite, à la description morphologique du *P. Leuckartii*; cette dernière partie est celle dont la traduction anglaise a été donnée par M. Fletcher.

Les exemplaires de *P. capensis* étudiés par Sänger se trouvaient dans la collection de l'Institut zoologique de Leipzig ; ils étaient au nombre de trois et provenaient du Cap de Bonne-Espérance où ils

avaient été recueillis, en 1840, par Sueinzius. Ces trois exemplaires furent confiés à l'auteur pour l'observation morphologique et l'un d'eux seulement servit à ses recherches d'anatomie. Ces exemplaires avaient 17 paires de pattes, mais l'un d'eux, le plus grand, présentait en arrière une paire de griffes supplémentaires. Il est possible que ces griffes indiquent la place d'une paire de pattes rudimentaires, auquel cas l'exemplaire qui les porte ne serait peut-être pas un *P. capensis* ; mais la figure où elles sont indiquées ne me paraît pas très claire et il pourrait se faire qu'elles représentent simplement la soie terminale d'une grosse papille. En tous cas, il est certain que le spécimen dont Sänger a fait l'étude anatomique était un *P. capensis*, car il présentait 17 paires de pattes, sans griffes accessoires. J'ajouterai d'ailleurs que ces griffes, si tant est qu'elles aient existé, ne sauraient jouer, comme le supposait Sänger, le rôle d'une armature copulatrice. Tout ce que l'on sait de l'histoire naturelle des Péripates vient à l'encontre d'une pareille manière de voir.

Une observation de première importance a été faite par Sänger, qui en a bien vu toute la portée. On sait que Grube n'avait pas attiré l'attention sur l'orifice sexuel du *P. capensis* ; l'auteur russe remarqua justement que cet orifice se trouve en arrière des pattes postérieures, près de l'anus, tandis qu'il est situé entre les pattes de l'avant-dernière paire dans le *P. Edwardsii* et entre celles de la dernière paire dans le *P. Leuckartii*. Dans l'esprit de l'auteur, ces différences devaient pouvoir servir à caractériser les espèces ; en fait elles présentent une importance encore plus grande et, depuis M. Pocock (1894), jouent le rôle principal dans la distinction des genres.

Sänger n'a pas été moins heureux dans son étude des organes excréteurs du *P. capensis*. On sait que Grube avait signalé, sans autrement y attacher d'importance, des canalicules pelotonnés à la base de quelques paires de pattes. Sänger retrouve ces canalicules à la base de toutes les pattes (sauf celles des trois paires antérieures, où ils existent pourtant), il observe leur pelotonnement, reconnaît leur orifice, décrit leur dilatation vésiculaire subterminale et donne même des notions sur leur structure histologique. Sans doute il les tient à tort pour rameux, mais il leur attribue nettement la signification d'organes segmentaires et il s'appuie principalement sur leur présence pour établir que les Péripates sont bien réellement des Vers. Il va même beaucoup plus loin et prévoit, pour ainsi dire, les curieuses différenciations fonctionnelles que subissent

ces organes. Faisant une étude anatomique et histologique très soignée des glandes muqueuses, il n'hésite pas à les considérer comme des organes segmentaires modifiés et il s'appuie sur leur mode de fonctionnement et sur leur rôle pour établir que Grube, aussi bien que Milne-Edwards, ont eu tort de les considérer comme des organes mâles et que, suivant toute probabilité, les Péripates ont les sexes séparés.

Pour le reste, le travail de Sänger ressemble beaucoup à celui de Grube et vient heureusement appuyer ses conclusions. Il le complète même en de nombreux points : c'est ainsi que Sänger signale (sans en indiquer la signification d'ailleurs) les fossettes ventrales situées entre les pattes, et qu'il démontre, par le contenu de l'intestin, que les Péripates se nourrissent d'animaux et de matières végétales.

Bien plus, Sänger rectifie complètement les observations très inexactes de Grube sur le canal latéral et s'il n'entrevoit pas ses fonctions de glandes salivaires, si même il suppose à tort qu'il va s'ouvrir dans les tentacules buccaux, il fait du moins connaître son trajet exact et la puissante vésicule antérieure qui avoisine son extrémité. L'erreur de Sänger, relevée par Leuckart en 1869, a été de croire que les organes segmentaires des Péripates jouent à la fois un rôle dans la respiration et dans l'excrétion, et que les canaux latéraux sont tout simplement la branche respiratoire des glandes muqueuses, c'est-à-dire des organes segmentaires antérieurs.

Les recherches de Sänger sur le système nerveux du *P. capensis* mettent en évidence certains détails histologiques importants et démontrent sans conteste que les sphérules inférieures des centres cérébroïdes ne sont pas, comme Grube le pensait, des organes d'audition. Toutefois, cette partie de travail de l'auteur est moins parfaite que les autres en ce sens qu'elle dénie à tort l'existence de l'anastomose postérieure des cordons latéraux et qu'elle signale comme organe auditif une partie des centres cérébroïdes qui a une toute autre fonction.

La dernière partie du mémoire de l'auteur est consacrée à la description morphologique d'un Péripate australien trouvé au nord-ouest de Sidney. Cet animal présentait 14 paires de pattes onguiculées et, comme je l'ai dit plus haut, se faisait remarquer par la position de son orifice génital, situé entre les pattes postérieures.

Il avait des soles pédieuses à trois arceaux, mais c'est à tort certainement que Sänger a décrit et figuré 4 papilles au lieu de 3 au sommet de son pied. Malgré cette légère erreur, on ne saurait douter actuellement que cette espèce soit la même que celle ultérieurement décrite par M. Dendy (en 1890) sous le nom de *Peripatus insignis*, ainsi que M. Fletcher (en 1895) l'a justement fait observer.

En fait, de toute manière, le travail du zoologiste russe méritait largement d'attirer l'attention et c'est pourquoi j'ai cru faire œuvre utile en le soumettant tout entier à l'appréciation du public scientifique.

---

# *PERIPATUS CAPENSIS* Sr. et *PERIPATUS LEUCKARTII* n. sp.

par **H. SÄNGER** (1).

Comme toute forme de transition dont les caractères ne rentrent pas dans une place déterminée du système, le Peripatus sera encore longtemps ballotté de classe en classe, d'ordre en ordre, bien que, malgré sa rareté dans les musées zoologiques, il soit déjà depuis longtemps connu des naturalistes. Au début, cet animal tropical a été décrit comme un Mollusque, puis il a été reconnu comme Ver, et ensuite comme Myriapode. Quelque temps après il redevenait Ver, appartenant tantôt à l'un, tantôt à l'autre groupe et formant une classe particulière des Arthropodes. *Page 239*

*Peripatus* fut trouvé d'abord dans les forêts de Saint-Vincent, par Lansdown Guilding, qui le décrivit (2) ainsi : « Inter plantas a me lectus ad radicis montes immensi « Bon homme » unicum exemplum attonibus forte detexi.... Subregnum Mollusca hocce genere paradoxo multum perturbatur... genus incertae sedis classem proprium Gasteropodis affinem reposcit, quae pedibus multis lateralibus distinguitur». L'auteur propose d'en former une classe spéciale de Mollusques sous la dénomination de « Polypoda ».

Un second exemplaire trouvé par Lacordaire à Cayenne, fut décrit par Audouin et Milne-Edwards (3) comme un Ver annelé du groupe des Annélides errantes. Voici comment ces auteurs décrivent les circonstances dans lesquelles il a été trouvé : « Sous les bois pourris, enfoncé dans la vase, sur les bords de la rivière d'Approuague et à trois lieues de son embouchure. Les eaux étaient d'une nature saumâtre. »

Un *Peripatus* aquatique ! cela fit éclore des protestations de la part de K. Moritz (4) qui en fournit au musée de Berlin plusieurs exemplaires rencontrés en Colombie, aux environs du lac de Valence et dans la vallée d'Aragua. Il les trouva toujours sur la terre

(1) Extrait des travaux du deuxième congrès des naturalistes russes, qui a eu lieu à Moscou, du 20 au 30 août de l'année 1869. — La pagination relevée en marge est celle du mémoire.

(2) Lansdown Guilding. An account of a new genus of Mollusca. Zoolog. Journ. 1826, II. p. 444.

(3) Annal. des Scienc. natur. T. XXX, 1833, p. 411.

(4) C. Moritz. Noch einigie Worte über Peripatus Guild. Archiv für Naturgeschichte. V Jahrgang. 1839, Th. 2, S. 175.

ferme — dans de l'herbe, sous des pierres ou sous des morceaux de bois.

L'aspect du Ver lui sembla au premier coup d'œil être celui d'un mollusque, parce que la mucosité blanche dont l'animal s'enveloppait aussitôt augmentait sa ressemblance avec un mollusque nu
*Page 240* (Limax). Un des exemplaires trouvés par Moritz, servit à Wiegmann pour la description détaillée des caractères (1) extérieurs.

En reconnaissant que cet animal se rangeait parmi les vers (Annélides errantes), Wiegmann indique en même temps qu'il doit servir de terme de passage, unissant les Vers annelés avec les Arthropodes, et précisément avec la classe des Myriapodes (Myriapoda). Presque en même temps Gervais décrivit avec de Blainville, sous le nom de *Peripatus brevis*, une nouvelle espèce de Peripatus provenant du Cap de Bonne-Espérance. Dans son travail « sur le genre Peripatus » (2), il forme déjà pour cet animal une classe particulière dans le type des Arthropodes.

Les premiers essais, d'ailleurs médiocres, sur la structure intérieure du *Peripatus*, ont été faits par Milne-Edwards, qui étudia l'espèce mentionnée la première — *Peripatus juliformis* (3). Aux deux espèces déjà connues, Blanchard en ajoute deux autres : *Peripatus Blainvillei* (4) et *Peripatus Edwardsii* (la dernière espèce est le synonyme du *Peripatus juliformis* décrit par Audouin et Milne-Edwards en 1833) et communiqua quelques renseignements sur la structure du *Peripatus Blainvillei* ; mais ces recherches, faites sur un matériel mal conservé, ne contiennent rien d'important et sont très superficielles.

Milne-Edwards tâcha d'introduire un caractère interne dans la classification : ayant rencontré des particularités remarquables dans l'arrangement du système nerveux, il proposa de former pour le *Peripatus* un groupe spécial parmi les Vers annelés, celui des *Pleuroneura*.

Le mémoire de Grube (5), qui remonte à une époque moins éloignée, peut être seul considéré comme une étude détaillée et

(1) A. Wiegmann. Einige Bemerkungen über Guildings Peripatus. Archiv für Naturgeschichte. III Jahrgang. 1837. Th. 2, S. 195.

(2) Ann. franç. et étrang. d'anatomie. T. II. 1838. p. 309.

(3) Note sur le Peripatus juliformis. Ann. des scienc. natur., 2 ser., T. XVIII. 1842. p. 126.

(4) Sur l'organisation des Vers. Ann. des scienc. natur., 3 ser., T. VIII. 1847. p. 137.

(5) Ueber den Bau von Peripatus Edwardsii. Müller's Archiv für Anatom. u. Physiolog. 1853, p. 322.

soignée de la structure anatonique du *Peripatus*. Ce savant disposait d'un grand nombre de ces animaux recueillis par le Dr Karsten au Venezuela (1).

Je serai souvent obligé de revenir sur ce travail dans l'exposé de mes recherches ; pour le moment je me bornerai à dire que Grube, ayant déjà auparavant placé le *Peripatus* dans un ordre spécial des Vers annelés (2), ordre pour lequel il créa le nom d'*Onychophora* (portant des griffes, pour indiquer la présence caractéristique d'une paire de griffes au bout de chaque pied), resta convaincu que ce groupe devait appartenir, d'après ses recherches anatomiques, aux *Annulata* et il le plaça parmi les cinq ordres de cette classe constituée par lui. *Page 241*

Cette manière de voir se retrouve aussi dans quelques classifications des plus récentes ; ainsi Carus en conservant le nom de l'ordre, conserve de même la signification que lui donna Grube ; Gegenbaur, dans la dernière édition de son *Anatomie comparée*, élargit les limites de ce groupe et, en plaçant les Onychophora parmi les Annelés, en fait une classe particulière de Vers, parallèle et équivalente aux autres classes, telles que les *Gephyrea*, *Tunicata*, *Enteropneusta*, *Rotatoria*, etc... Quatrefages seul, jusqu'à présent, refuse encore de reconnaître le Péripates comme un Ver et, dans le grand travail systématique qu'il a publié dernièrement sur les Annélides, à la fin du livre, dans un chapitre intitulé « Animaux à tort placés parmi les Annélides », il assigne au *Peripatus* la première place parmi les formes suspectes. N'étant pas fixé sur les homologies, il se déclare prêt à reconnaître cet animal pour un Myriapode, ou même, avec Gervais, comme le représentant d'une classe particulière d'Arthropodes.

Les exemples tirés de ces dernières classifications montrent d'une manière évidente que la place des *Peripatus* n'est point encore fixée dans le système scientifique ; mais ce résultat peut être justifié par les particularités remarquables de son organisation, qui le séparent de toutes les autres formes jusqu'ici connues. L'existence, chez les différentes espèces, d'un nombre différent de pattes délicates munies au bout de deux fortes griffes, la présence sur la tête de grandes antennes charnues et presque segmentées, le développement de deux paires de mâchoires tranchantes dans la bouche

(1) Un de ces exemplaires se trouve au Musée zoologique de l'Université à Moscou.

(2) Die Familien der Anneliden. Archiv für Naturgesch., XIII Jahrgang. 1850. Th. 2 et 3, S. 275 et 281.

qui est tournée vers le bas et entourée de lèvres charnues, une forte musculature du corps, quelques particularités dans l'organisation intérieure concernant le système nerveux et les organes génitaux, enfin la viviparité et la faculté de vivre sur la terre ferme, tout cela réuni rend fort difficile la détermination des affinités de ces animaux avec les autres groupes.

Les savants allemands placent le *Peripatus*, à l'exemple de Grube, parmi les Vers, et pour cela, ne se guident que sur des rapprochements ou des analogies, et non sur des faits directs ; par exemple ils prennent pour base les caractères suivants : le système nerveux présente un type voisin de la forme typique du même système chez les Vers ; il est composé de ganglions céphaliques et de deux troncs ventraux, qui sont largement écartés l'un de l'autre, mais unis par des commissures ; — ensuite les mâchoires qui arment la trompe courte du *Peripatus* rappellent, par leur forme, les mâchoires de quelques Vers annelés ; les pieds ne peuvent être assimilés aux pieds articulés des Arthropodes, mais ils ressemblent beaucoup plus aux délicats prolongements latéraux des Vers annelés, dont ils ne diffèrent essentiellement qu'en ce qu'ils portent des griffes au lieu de soies.

Toutes ces analogies sont assez notables, mais elles ne donnent aucun indice certain concernant la place de cet animal parmi les Vers ; on peut parler de ressemblance, mais on ne peut indiquer dans l'organisation du *Peripatus* aucun groupe d'organes qui serait identique à ce que nous connaissons chez les Vers et qui pourrait ainsi permettre de résoudre définitivement la question.

*Page 242* Mes recherches anatomiques sur cette forme très intéressante ont été faites accidentellement. Pendant mes études à l'Institut zoologique du Prof. Leuckart, à Leipzig, on trouva dans la collection de larves d'Insectes, au Musée zoologique, trois exemplaires de *Peripatus* recueillis pour le Musée en 1840, par Sueinzius, dans les environs du Cap de Bonne-Espérance. Je savais que le Prof. A. P. Bogdanow désirait avoir cet animal rare dans les collections du Musée, c'est pourquoi je pris la résolution d'en demander un exemplaire à M. le prof. Leuckart. Il consentit à me le céder, avec la condition que j'utiliserais cet exemplaire pour des études et que je conserverais seulement pour le Musée des préparations microscopiques.

En acceptant cette condition, je ne pouvais, bien entendu, espérer que l'étude d'un seul exemplaire me mènerait à quelques résultats satisfaisants ; malgré cela, j'ai eu la chance de faire, pen-

dant mes recherches, quelques préparations qui pourront compléter les connaissances présentes sur le *Peripatus*, et éclaircir un peu la question de la place que cet animal doit occuper dans le système.

L'exemplaire qui m'a servi pour ce travail appartenait à l'espèce *Peripatus capensis* Grube, décrite en premier lieu par Grube, il y a deux ans, avec d'autres Vers annelés recueillis pendant l'expédition de la frégate *Novara* (Reise der oesterreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857, 58 et 59. Zoologischer Theil, II Band, Anneliden, Wien, 1867). Cette espèce a été trouvée par Frauenfeld qui en captura trois exemplaires sous des pierres, près de Constance, au Cap de Bonne-Espérance.

La diagnose de cette espèce, ainsi que les remarques faites par Grube dans ses descriptions, concordaient entièrement avec les caractères des trois exemplaires trouvés au musée zoologique de Leipzig, 28 ans après leur capture. Ces trois exemplaires, ainsi que ceux de Grube, présentent quelques différences dans leur grandeur : le plus grand avait $27^{mm}$ de longueur, le second, celui que j'ai employé pour mon travail, $24^{mm}$ et le troisième $21^{mm}$ ; toutes ces dimensions se rapprochent assez de celles qui sont données par Grube. Chaque animal avait 17 paires de pattes munies de griffes et de trois petits cylindres transversaux, formant au bas de la patte une sorte de semelle ; outre ces 17 paires de pattes onguiculées, il existait encore, chez ces animaux, une paire de pattes embryonnaires sans griffes, appartenant au segment de la bouche. Grube avait encore remarqué, chez un autre exemplaire, des griffes au bout postérieur du corps, ce qui l'a porté à compter 18 paires de pattes onguiculées, car il prenait ces griffes pour une paire de pattes postérieures mal développées. De même, parmi les exemplaires de Leipzig, l'un d'eux avait des griffes postérieures distinctes, mais avec cette différence que Grube observa cette particularité dans le plus petit exemplaire ($20^{mm}$) tandis qu'ici elle se trouvait chez le plus grand ($27^{mm}$) (Tabl. XII, fig. 4, X).

Je ne suis pas d'avis que l'on puisse compter ces griffes pour une paire de pattes mal développées ; il n'y a point de cône creux, qui corresponde au corps de la patte ; les griffes sont placées immédiatement dans les protubérances de la peau et il n'y en a pas deux de chaque côté, mais uneseule.

D'après leur situation des deux côtés de l'orifice sexuel, on peut *Page 243*
penser que ces griffes servent d'organes copulateurs ; deux autres exemplaires n'avaient aucune trace de pareilles griffes. Chez tous les animaux, l'anus se trouvait situé au bout postérieur du corps, et

l'orifice sexuel, auquel on n'avait pas encore jusqu'à présent fait attention dans les diagnoses des espèces de *Peripatus*, est, à mon opinion, un caractère systématique très important.

Ainsi l'orifice sexuel, chez le *Peripatus Ewdardsii*, avec 29-30 paires de pattes, est situé entre l'avant-dernière paire (la deuxième du bout) ; chez le *Peripatus capensis*, il est situé derrière toutes les les pattes, à côté de l'anus ; dans la nouvelle espèce de *Peripatus* de la Nouvelle-Hollande, à propos de laquelle je dirai quelques mots à la fin de mon travail, l'orifice sexuel est situé entre la dernière paire de pattes. De telles différences sont assez visibles et tranchées pour que l'on puisse s'en servir dans les diagnoses des diverses espèces. D'ailleurs, ces différences dans la situation de l'orifice plus ou moins éloigné du bout postérieur, retentissent aussi, sans doute, sur la situation et la forme des organes intérieurs dans cette partie du corps.

Malgré leur long séjour dans l'alcool, les *Peripatus* de Leipzig étaient si bien conservés que l'on pouvait aussi, par la couleur de la peau, se persuader de l'identité de ces exemplaires avec les animaux décrits par Grube. Le dos est d'une couleur brune, plus claire sur les bords et avec une mince raie foncée au milieu. Cette couleur dépend des papilles rondes de la peau dont les petites sont noires et les grandes rouges-jaunâtres ; la raie du milieu du dos ne possède point de papilles rouges, tandis que, sur les bords, celles-ci sont nombreuses. Le côté ventral est beaucoup plus clair ; les papilles qui le couvrent sont plus plates et plus délicates, distribuées en rangées transversales non parallèles, mais courbées en arc, surtout entre chaque paire de pattes. Sur la ligne médiane, entre chaque paire de pattes, on remarque assez distinctement un petit enfoncement ressemblant à un point noir. En ce qui concerne les pattes, je dirai que leur corps conique est mou, couvert par dessus de papilles et en dessous d'arceaux aplatis de la cuticule. La semelle de ces pattes est constituée de trois fermes arceaux noirâtres, couverts de soies (Tabl. XII, fig. 5). L'arceau extérieur, qui est en même temps le plus petit, a, sur le bord extérieur, de courtes soies dures, qui sont plutôt des acicules. La partie onguiculée des pattes a une forme conique inverse, et elle est couverte de grandes papilles situées toujours uniformément.

J'ai dessiné cette partie avec un grossissement considérable, pour montrer la situation de ces papilles chez le *Peripatus capensis*. Au sommet de cette partie, où se trouvent deux griffes fortement recourbées, sont situées trois grandes papilles rondes, ce qui fait

que ce sommet, dans toutes les pattes, est d'une forme à peu près triangulaire : une papille est placée par devant, il y en a deux par derrière.

Outre les papilles situées à la base de la partie onguiculée de la patte, on aperçoit en dedans quelque chose comme deux ampoules sous-cutanées, situées dans la direction de sillons longitudinaux enfoncés. *Page 244*

A ce qu'il paraît, ces ampoules ont des orifices extérieurs, et il pourrait se faire qu'au moment du recourbement de la patte elles fissent jaillir quelque sécrétion qui s'écoulerait vers les griffes par des sillons.

La figure 7 (Tabl. XII) représente une grande papille de la surface de la peau. Une pareille papille présente une protubérance de la peau en forme de coupole, au sommet de laquelle se trouve encore une partie sphérique séparée, portant un poil tranchant et dur à l'extrémité. Sur toute la protubérance sont distinctement visibles de nombreuses cellules sous-cutanées polygonales ; à ces cellules correspondent superficiellement des formations chitineuses ayant la forme conique de pétales, formations qui recouvrent tout l'organe à l'extérieur, et qui lui donnent une forme si bizarre. De pareilles papilles, comme je l'ai déjà dit, recouvrent en masse tout le corps.

A l'extrémité antérieure du corps, sur le premier segment frontal, se trouvent de grands appendices cylindriques annelés ou antennes, à la base desquels, du côté dorsal, sont placés deux yeux distincts ; l'ouverture de la bouche, tournée vers le bas, est entourée d'une courte trompe charnue, formée de délicates protubérances radiaires ou de plis. Au milieu de cette trompe s'élève, comme une carène, une protubérance charnue, sous laquelle sont immédiatement placés, de chaque côté, deux mâchoires, dont la supérieure ou antérieure est mince, courbée et tranchante, et l'inférieure ou postérieure plus épaisse, avec une longue dent recourbée et trois dents moins grandes tournées vers l'intérieur. Comme à la surface de la trompe, ou des lèvres extérieures qui la forment, on voit sur la protubérance intérieure, en forme de carène, située dans l'ouverture de la bouche, de petits cônes chitineux finissant par un sommet obtus ; ce sont probablement des papilles tactiles.

L'organisation intérieure du *Peripatus capensis* rappelle au fond tout ce qu'on sait déjà de l'organisation du *Peripatus Edwardsii*, grâce au travail de Grube que j'ai déjà mentionné. Le plus souvent,

mes préparations confirment toutes les données anatomiques qu'on peut tirer de ce travail, et il ne me reste qu'à les compléter sous quelques rapports.

L'addition la plus essentielle que je puisse faire consiste, il me semble, en ce que j'ai pu, grâce à des coupes transversales, exécutées à travers une patte du Ver, trouver des glandes rameuses distinctes, avec des orifices extérieurs, et qu'on doit, à mon avis, reconnaître pour des organes segmentaires (schleifenförmige Excretionsorgane), organes dont la présence sert de caractéristique générale pour la plupart des Vers annelés. Carus, dans son Manuel de zoologie, description générale des Vers, dit à la page 130 ce qui suit : « Schleifenförmige Excretionsorgane sind nur bei den Onychophoren (Peripatus) noch nicht gefunden worden, am genauesten untersucht sind sie bei den Lumbriciden und Hirudineen. »

Il me semble que cette lacune peut être comblée de plein droit avec les glandes que j'ai trouvées dans le *Peripatus capensis* et que
*Page 245* l'on peut établir ainsi, une fois encore, les affinités presque générales de cet animal avec les Vers. La présence de ces glandes chez les *Peripatus* constitue le caractère sur lequel on peut maintenant se fonder pour fixer définitivement la place du *Peripatus* parmi les Vers.

Déjà les investigateurs précédents avaient observé des orifices extérieurs à la base des pattes, du côté inférieur. Ainsi, Audouin et Milne-Edwards, en décrivant le *Peripatus* (1) disent : « les pattes ont à leur face inférieure une ouverture, qui paraît être analogue à celle que nous avons déjà signalée dans le genre Hipponoe. » Wiegmann, de son côté, confirme le témoignage des savants français, mais Grube récuse l'existence des orifices et les regarde comme de simples enfoncements de la peau. Les orifices existent effectivement et servent précisément de pores excréteurs aux organes segmentaires. Dans les intervalles des paires de pattes comptées l'une après l'autre, à côté du tronc nerveux, sous la cloison mésentérique qui sépare ce tronc de la cavité intérieure du corps, se trouvent de petits tubes rameux, souvent assez nombreux, qui suivent la direction de la patte et se réunissent en un tube général à parois glanduleuses ; chaque tube se recourbe et passe de la cavité du corps dans celle de la patte. Le petit tube glanduleux est en outre accompagné. à cette place, par trois autres petits canaux à parois minces situés tout près l'un de l'autre

(1) Ann. des Scienc. nat., T. XXX. 1833.

(Tabl. XII, fig. 17 et 18) ; ainsi que dans la cavité du corps, on peut suivre ces tubes dans la patte à une grande distance du canal glanduleux excréteur (Tabl. XIII, fig. 21-25), mais ensuite ils disparaissent et le canal excréteur devient un simple tube, d'abord assez large, puis mince, se dirigeant en bas, avec des parois couvertes d'un épithélium interne très distinct. Le petit tube rameux s'ouvre immédiatement en dehors par l'orifice décrit plus bas. Je n'ai pas réussi à voir, sur mes coupes, les glandes des trois premières paires de pattes onguiculées, mais sur les suivantes, elles étaient plus ou moins distinctes Il est très difficile de dire quelque chose de juste à propos du rôle de ces organes segmentaires, parce qu'on n'a pas d'observations suffisantes sur des animaux vivants. L'hypothèse la plus probable est celle qu'ils servent, ou aux fonctions sexuelles, ou à la respiration, ou enfin comme organe excréteur. A en juger d'après la structure de ces organes, formés de deux sortes de tubes glanduleux à parois minces, avec un canal excrétoire général, je suis disposé à croire que leur rôle, là où ils ont la structure décrite, doit être double : ils peuvent servir comme organes excréteurs et en même temps comme organes respiratoires.

Il me semble que c'est précisément par ces canaux à minces parois que se produit l'échange des gaz et que, grâce à eux, le sang peut se revivifier immédiatement.

Si une supposition pareille pouvait être confirmée, d'un côté le processus par lequel s'opère la respiration deviendrait clair, de l'autre nous aurions l'exemple d'une intéressante appropriation des organes segmentaires à une fonction nouvelle, provoquée par la vie aérienne de ce ver sur la terre ferme; enfin nous pourrions voir dans ces organes une sorte de prototype des trachées chez les Arthropodes. Il existe, il me semble, dans le corps du *Peripatus*, sur le premier segment, un organe homologue ou plutôt homodynamique des organes segmentaires : dans les pattes de la paire antérieure, celles qui n'ont pas de griffes au sommet et qui semblent mal développées, on aperçoit aussi un orifice; dans cet orifice s'ouvrent aussi des glandes spéciales, mais beaucoup plus développées que les organes segmentaires des autres segments, et occupant un espace considérable dans le cœlome du ver; elles se dispersent en branches le long de tout le canal intestinal. *Page 246*

Ayant trouvé le *Peripatus capensis*, Frauenfeld remarqua qu'au premier attouchement, ces vers laissaient couler par ces appendices antérieurs, qu'il appelle palpes, une masse abondante de liquide

d'une couleur de lait et d'une odeur aigre (1). Milne-Edwards et ensuite Grube, dans leurs recherches sur le *Peripatus Edwardsii,* décrivent les petites glandes s'ouvrant par ces pattes comme des organes sexuels mâles, reconnaissant en même temps *Peripatus* comme hermaphrodite.

En décrivant le *Peripatus capensis*, Grube convient que l'observation de Frauenfeld ne plaide pas en faveur de la supposition que le liquide excrété serait du sperme et, en conséquence, de l'hypothèse que ces glandes représenteraient des organes sexuels mâles; mais il ne renonce pas à son opinion primitive, il regarde cette question comme non complètement résolue. J'ai pu me persuader, sur des coupes transversales que, dans la cavité de la patte, s'ouvre un large canal excrétoire situé dans la partie latérale du segment de la bouche, près du pharynx et des troncs nerveux qui partent des ganglions cérébraux (Tab. XII, fig. 10 et 12); ce canal excrétoire est séparé du reste du cœlome par une cloison musculeuse; les parois en sont assez minces et couvertes à l'intérieur d'épithélium. Sur mes préparations, la cavité du canal est remplie d'une masse foncée, non colorable par le carmin.

Sur les coupes transversales, situées plus loin vers le bout postérieure, ce large canal disparaît. Au lieu de ce dernier on aperçoit de petits tubes plus minces, à parois très musculeuses (Tabl. XII,
*Page 247* fig. 14, 15. 16, gs), situés d'abord latéralement derrière la cloison qui sépare la cavité latérale de l'œsophage, puis à côté du canal intestinal, dans le cœlome. Une partie des parois de ces tubes est indiquée à la fig. 16; on peut bien y distinguer de forts muscles transversaux situés au milieu et enfin des cellules épithéliales glanduleuses tournées en dedans. La même masse foncée homogène, qui ne se colore point par le carmin et que nous avons observée dans le canal excréteur, continue à remplir par places la cavité intérieure assez large de ces tubes glanduleux. Sur toute l'étendue suivante, la structure de leurs parois ne change pas.

D'abord ces tubes, de l'un et de l'autre côté, sont disposés assez symétriquement, mais ensuite, n'étant pas attachés aux parois du corps, ils étaient écartés sur un des côtés de l'animal que j'observais.

(1) Moritz (Arch. f. Naturg. V. 1839, p. 175), comme Frauenfeld, a vu des exemplaires vivants, mais d'une autre espèce; il dit que la mucosité excretée par le ver jaillit au dehors, en plusieurs flots, sur les côtés du corps (in vielen Strahen von den Seiten des Körpers) et reste, pendant l'excrétion, tout à fait incolore, de sorte qu'elle est presque invisible. Elle ne devient d'une couleur blanche de lait que sous l'influence de l'air. Il compte comme une faute l'expression de Guilding: « ab ore respuit ».

Auprès de la neuvième paire de pattes, chaque tube, jusqu'ici droit et non rameux, donne des branches latérales et se divise en un grand nombre de petits tubes glanduleux qui, sur une grande étendue, remplissent tout l'espace entre le canal intestinal et la paroi dorsale du corps. Chaque branche (Tabl. XIII, fig. 24, gs) présente les mêmes parois volumineuses, mais sa cavité devient très petite et ressemble à un mince canal brillant. Dans mon exemplaire, ces branches se prolongent jusqu'à la 16me paire de pattes inclusivement; ainsi les dernières ramifications de ces glandes parviennent jusqu'à la partie postérieure du cœlome.

C'est précisément cette glande rameuse que Milne-Edwards et Grube ont pris pour l'organe sexuel mâle; je doute que l'on puisse accepter une telle interprétation ; je crois que les parois fortement musculeuses, le produit muqueux de l'excrétion qui ne se colore point par le carmin, la réaction acide de cette substance et enfin le fait de l'excrétion au premier contact du ver, parlent suffisamment contre la supposition de Milne-Edwards et de Grube, d'autant plus qu'il n'existe aucune preuve en faveur de cette supposition.

Ni Milne-Edwards, ni Grube ne purent, en exprimant cette hypothèse plus ou moins mal fondée, indiquer un exemple analogue de pareille situation des organes génitaux mâles parmi les Vers ; pour prouver la vraisemblance de cette explication ils ont dû prendre un exemple parmi une autre classe d'animaux. Voici comment Grube explique le rôle de cette glande sexuelle : « Dessen Bedentung als solches nach dem, was ich gesehen, kaum mehr zweifelhaft ist eine, die wenigstens in einer Umwandlung sehr ähnlicher Weise bei den Crustaceen und Arachniden wiederfinden, bei jenen, indem ein Fusspaar des Hinterleibes, bei diesen, indem die Maxillentaster zur Uebertragung des Samens dienen. » L'hypothèse de l'hermaphroditisme du *Peripatus* naquit ainsi accidentellement et ne repose sur aucun fondement satisfaisant. Je pense qu'on peut, avec plein droit, poser la question suivante : *Peripatus* est-il vraiment hermaphrodite ?

L'existence d'exemplaires dont tous les caractères sont identiques, et qui ne diffèrent que dans la présence de griffes à l'extrémité *Page 248* postérieure du corps, de même que le petit nombre d'exemplaires étudiés, justifient entièrement cette question ; en fait, il est bien probable que l'on sera obligé de reconnaître ces vers pour des animaux à sexes séparés.

Admettant une pareille solution comme probable, je suppose que les glandes décrites sont homologues aux organes segmentaires

des autres segments, et ne servent qu'à l'excrétion de la mucosité, que leurs parois musculeuses contribuent à cette excrétion et que leur grand développement s'explique précisément par le besoin d'excréter en grande quantité. Outre les glandes rameuses, ci-dessus décrites, on trouve encore dans le corps du *Peripatus* une autre formation, à laquelle on n'avait jusqu'à présent fait aucune attention. La présence de ce nouvel organe, dont la structure est aussi glanduleuse, complique encore davantage la question concernant le rôle des grandes glandes intérieures dans le corps de notre Ver. L'organe dont il est question à présent a été remarqué par Grube, mais ce savant l'a décrit d'une manière tout à fait différente de ce que représentent mes préparations. Sur la fig. 12me de sa première planche, Grube dessine un mince canal (vl), situé de chaque côté du corps, avec le tronc nerveux, dans un enfoncement en forme de chéneau, et séparé du cœlome par une cloison. Voici ce que dit Grube à propos de ce canal : « Über dessen Bedentung ich nicht ins klare kommen kann ; ich will ihn den Seitenkanal nennen. Er durchläuft die ganze Kőrperlánge, ist unverästelt, vorn merklich weiter als hinten, in der Mitte etwa so breit als der Nervenstrang, und seine Wandung ziemlich consistent, an den Enden aber so zart, dass ich sie hier nicht von den anliegenden Muskeln abpreparieren konnte. » Plus loin Grube décrit la mince cloison qui sépare ce canal du tronc nerveux.

Avec la description faite par Grube, le *Peripatus capensis* que j'ai étudié ne concorde que pour ce qui suit : l'organe surnommé par Grube vaisseau latéral est situé, avec le tronc nerveux, dans une région particulière du cœlome, séparée du cœlome général. Effectivement, sur toutes les coupes transversales, on peut remarquer que le cœlome est divisé par des cloisons en trois parties : une grande médiane, dans laquelle se trouve le large canal intestinal ainsi que les deux glandes rameuses du premier segment récemment décrites, et deux parties latérales symétriques ; dans chacune de ces deux parties symétriques sont situés les organes suivants : plus rapproché du côté ventral et de la partie médiane du corps se trouve le tronc nerveux ; au-dessus et à côté de lui, près des parois latérales du corps, se trouve l'organe que nous décrivons, et dans l'interval.e entre cet organe et le tronc nerveux, de petites glandes segmentaires, qui passent de là dans la cavité de la patte pour s'ouvrir au dehors. Le nom de vaisseau latéral, donné à cet organe par Grube, pour le distinguer du vaisseau sanguin dorsal, ne peut être maintenu, parce que, si l'on examine les coupes successives, on

peut facilement se persuader que l'organe s'étend seulement dans la partie antérieure du corps et finit derrière la neuvième paire de pattes, c'est-à dire presque au milieu du corps ; il ne se prolonge donc pas, comme le dit Grube, sur toute la longueur de l'animal.

Sur toute son étendue, ce canal présente une large cavité intérieure et il a trois ou quatre fois la largeur du tronc nerveux ; vers les deux extrémités, l'organe devient effectivement plus mince ; on peut remarquer qu'à l'approche du bout postérieur, il se divise en une sorte de bras plat séparé, obtus et clos ; en ce qui concerne le bout antérieur, je suis prêt à admettre sa communication immédiate avec la première paire de pattes, et par conséquent avec les glandes regardées jusqu'ici pour l'organe sexuel mâle. *Page 249*

Je n'ai pu réussir à faire une coupe très démonstrative, mais là où finit l'œsophage et commence la large partie digestive du canal intestinal, et où les tubes musculeux des glandes rameuses passent de la partie latérale du cœlome à la surface dorsale du canal intestinal, dans la partie latérale, quand on écarte les tubes, on voit cet organe, d'abord sous la forme d'une fente assez étroite à parois minces, et ensuite en forme d'un large sac, serré entre les parois du corps et la cloison qui les sépare du cœlome général (Comp. Tabl. XII, fig. 14 et 15 gl.). Les parois de ce sac, sont très délicates ; leur mince membrane extérieure est couverte à l'intérieur d'un délicat épithélium cylindrique. La cavité intérieure de ces sacs paraissait partout vide et c'est seulement aux deux bouts (le bout antérieur et le bout postérieur) qu'on apercevait de petites agglomérations d'une substance composée de grains menus, ressemblant à des flocons (qui sont peut-être le résultat d'un long séjour dans l'alcool ?). La cloison décrite par Grube entre le canal latéral et le tronc nerveux, et dans laquelle sont représentés sur son dessin des orifices, n'est pas une formation particulière, mais un névrilème revêtant le tronc nerveux et souvent éloigné du tronc sur un espace considérable : les orifices de cette cloison correspondent aux points de sortie des nerfs. Sur toutes les coupes, je n'ai pas vu d'autre cloison que le névrilème.

Il n'est pas facile de déterminer le rôle de ces canaux latéraux du *Peripatus*. J'hésite d'autant plus à donner quelque chose de positif sur leur signification, que je n'ai pu vérifier sur d'autres individus tout ce que j'ai trouvé dans mon exemplaire et qu'il m'était impossible, à l'aide de coupes longitudinales, d'élucider la corrélation de cet organe avec les autres ; je n'ai pu savoir, notamment, si les

sacs s'ouvrent réellement au dehors à travers la première paire de pattes avec les glandes muqueuses décrites plus haut, ni s'il existe quelque communication entre eux et les glandes segmentaires des segments séparés, ce qui au reste ne me semble pas probable. Cependant, la différence entre la description de Grube et ce que j'ai observé chez *Peripatus capensis* me semble très singulière. Le calibre de ces organes est d'une grandeur si considérable qu'il est très difficile de supposer une erreur dans ce que dit Grube : « In der Mitte etwa so breit als der Nervenstrang ». Peut être cette contradiction dans la déterminaison du calibre pourrait-elle s'expliquer par la faculté du tube de s'élargir dans certains cas jusqu'à la grandeur d'un sac, comme nous le voyons dans notre exemplaire.

*Page 250* Cette circonstance pourrait, au cas où elle se trouverait confirmée, servir d'indication pour montrer que ces organes à délicates parois fonctionnent en qualité de récepteurs de gaz?

Ne peut-on admettre, que, comme les organes segmentaires du corps, dont le tube glanduleux se trouve suivi de tubes membraneux aérifères supplémentaires, la glande rameuse du premier segment serait suivie d'un organe homologue à ces tubes, mais offrant un développement beaucoup plus vaste et de plus grandes proportions ?

J'ai déjà dit que ni Milne-Edwards, ni Grube ne décrivent chez *Peripatus* des organes respiratoires spéciaux. A la fin de son travail, Grube fait mention de la respiration dans les termes suivants, relevés en note : « Die Athmung geschieht vielleicht in ähnlichen Weise, wie bei den Hirudineen ». Sans doute les investigateurs ont perdu de vue le genre de vie particulier des *Peripatus*. La plupart des Vers vivent dans l'eau et les Oligochaeta sur la terre humide ; *Peripatus* est le seul animal de la classe des Vers qui vive sur la terre ferme, c'est un ver complètement aérien. Chez d'autres Vers, la respiration peut parfois s'effectuer par la surface humide du corps ou de certains appendices extérieurs, simple ou rameux, encore que de pareilles conditions soient déjà insuffisantes. *Peripatus* doit avoir des organes intérieurs respiratoires assez développés, car il possède une forte musculature, des mâchoires ravisseuses, une forte armature qui recouvre entièremeut la surface du corps, et il a la faculté de produire des jeunes vivants, ce qui indique une énergie vitale considérable.

Ainsi, de même qu'on observe un double rôle dans les organes segmentaires ci-dessus décrits, organes qui s'ouvrent au dehors

par les pattes, il paraît assez probable que tous les organes de la première paire, qui leur correspondent, ayant reçu un développement prédominant plus grand que les autres, forment : d'une part, un grand organe excréteur qui s'ouvre dans une paire de pattes et qui émet des branches tout le long du corps ; de l'autre un simple tube à minces parois — l'organe de respiration ou le réceptacle des gaz. Si nous nous souvenons des circonstances dans lesquelles Lacordaire a trouvé le *Peripatus Edwardsii*, encore qu'elles contredisent les témoignages d'autres voyageurs, et si nous admettons que ce Ver cherche sa proie non seulement sur la terre ferme, mais la poursuit quelquefois dans l'eau, alors la présence dans le corps du Ver d'un récepteur particulier de gaz recevrait une confirmation plus nette. Ce n'est pas en vain qu'on a voulu placer cet animal parmi les Myriapodes — il présente une parenté avec eux, parenté qui se retrouve entre animaux vivant dans le même milieu et ayant le même genre de vie ; c'est pourquoi on peut facilement admettre, dans l'organisation du *Peripatus*, des éléments préparant l'organisation des animaux articulés. De même que les organes segmentaires du corps peuvent servir de prototype pour les trachées, de même la partie de l'organe segmentaire du segment buccal qui porte une paire antérieure de pattes, — si cette partie joue effectivement le rôle qu'on lui attribue — peut être la forme primitive des réservoirs aérifères antérieurs.

Je présente ici toutes ces analogies et déductions comme des *Page 251* suppositions, mais il me semble qu'elles ne sont pas privées de probabilité.

Outre les organes segmentaires, j'ai pu examiner d'une manière détaillée la structure du système nerveux chez *Peripatus* : elle offre quelques particularités intéressantes.

Dans le segment antérieur se trouvent deux grands ganglions cérébraux qui remplissent presque toute la moitié dorsale de la cavité de ce segment. Les deux ganglions sont séparés l'un de l'autre, en avant et en arrière, par une cloison musculeuse située verticalement et éloignée des parois ; mais au milieu, ils se confondent et forment toute une masse nerveuse, disposée transversalement, dont les fibrilles intérieures passent d'une moitié à l'autre. Ces deux ganglions unis entre eux, sont couverts d'une membrane distincte, le névrilème, qui, en plusieurs points, se détache de la substance nerveuse. Dans la structure des ganglions, on peut facilement distinguer la substance nerveuse extérieure, formée de nombreuses petites cellules, et la substance intérieure

composée de minces fibrilles (Fibrilläre Punktsubstanz de Leydig). A des grossissements moyens, cette substance nerveuse fibrillaire présente une masse amorphe à cause de l'excessive minceur des fibrilles ; mais en observant attentivement des coupes transversales aux points ou les nerfs partent du centre, on peut très nettement voir des fibrilles se dirigeant vers la périphérie et naissant des parties médianes de la substance fibrillaire ; dans les ganglions cérébraux, à cause de leur grandeur, on peut distinctement apercevoir, sur une grande étendue, des touffes de fibrilles se dirigeant vers les nerfs et partant des ganglions. Chaque fibrille n'a pas plus de $0^{mm}$ 002 de largeur. Dans les nerfs, ces fibrilles sont également visibles, et toujours elles sont mêlées de cellules nerveuses dispersées isolément. Sur le côté des ganglions cérébraux tourné vers le pharynx musculaire, à la surface de chacun de ces ganglions, on aperçoit une protubérance particulière de forme sphérique, dont la substance est aussi composée de cellules nerveuses; ce n'est qu'au centre de cette protubérance qu'on peut voir un endroit clair. Grube a pris cet organe pour celui de l'ouïe du *Peripatus* ; il le décrit comme une ampoule remplie de liquide et contenant une otolithe. Mes préparations (Tabl. XII, fig. 9, ac) rendent une pareille explication impossible; à mon avis, on doit regarder ces protubérances pour des ganglions nerveux supplémentaires; peut être ces ganglions sont-ils des centres d'où partent les nerfs qui se dirigent vers le pharynx et vers les papilles tactiles qui entourent l'orifice de la bouche, mais, en tous cas, ce ne sont pas les ampoules de l'ouïe. Je prendrais plutôt pour organe de l'ouïe une ampoule très distincte, mais très petite comparée aux protubérances nerveuses, située non sur le côté tourné vers le pharynx, mais, au contraire, près de la surface dorsale de chaque moitié des ganglions, entre les cellules nerveuses, un peu en arrière, là où les ganglions cérébraux passent aux troncs nerveux qui entourent le pharynx et se dirigent vers le côté ventral. Dans cette petite ampoule de forme ovale, on aperçoit une cavité transparente et un corps très distinct, comme un noyau. On remarque facilement cette
*Page 252* ampoule parmi les cellules nerveuses, car elle les surpasse beaucoup en grandeur ; le diamètre des cellules nerveuses varie entre $0.004^{m}$ et $0,006^{m}$ ; tandis que cette ampoule a $0,026^{m}$ de longueur et $0,021^{m}$ de largeur.

Les ganglions cérébraux sont en relation avec les yeux qui sont situés du côté dorsal, à la base des antennes. Le nerf optique, qui part de la substance médiane fibrillaire des ganglions cérébraux,

forme une sorte de coupe nerveuse contenant un grand nombre de cellules ganglionnaires et possédant à l'intérieur une substance pigmentée, également excavée au milieu; dans cet enfoncement se trouve une lentille cristalline sphérique. Au dessus de ce cristallin, qui s'est coloré sur ma préparation en jaune, la cornée a la forme d'une voûte fermée. Là où la cornée est tournée en dehors, elle est transparente, mais sur le bord, elle est couverte d'une grande masse de pigment, de sorte qu'il y existe évidemment une prunelle distincte. L'œil a des muscles qui le font mouvoir.

Chaque antenne, située en avant des yeux, est munie d'un nerf qui commence à la protubérance antérieure des ganglions cérébraux. Dans le segment buccal, derrière le pharynx, les ganglions nerveux donnent naissance à deux troncs nerveux, un de chaque côté, situés tout près des parois musculaires du pharynx ; il n'existe, à proprement parler, point d'anneau, puisque ces troncs nerveux, descendant sur les deux côtés du pharynx, forment par derrière une courbe en forme d'arc et se prolongent tout le long du corps, en restant à une grande distance l'un de l'autre ; ces deux troncs, à mesure qu'ils s'éloignent de leur naissance, se séparent de plus en plus jusqu'à ce qu'ils aient, au milieu du corps, une situation presque latérale dans la région ventrale. Le calibre de ces troncs montre quelque différence. Les parties arquées qui rattachent les troncs aux ganglions cérébraux sont assez minces ; puis les troncs, à leur origine, ont une forme ovoïde ; plus loin, dans la partie antérieure du corps, ils sont plats, mais bientôt ils s'élargissent et acquièrent de nouveau une forme ronde, ovoïde ou ovale ; près du bout postérieur ils redeviennent plats, mais là, tout à l'extrémité, ils se dirigent du côté ventral, au centre du cœlome, et sont presque ronds. C'est pourquoi l'observation de Grube, que ces troncs sont complètement plats, n'est pas tout à fait exacte. Sur toute leur étendue, les deux troncs sont unis entre eux par des commissures, qui sont particulièrement distinctes dans la partie antérieure. A cause de la proximité des troncs, les commissures de cette région sont courtes et assez fortes.

On peut regarder la première commissure antérieure comme une partie qui ferme l'anneau nerveux du pharynx. Dans les segments suivants, les commissures sont très minces, longues, et passent, à ce qu'il paraît, au milieu du côté ventral, entre deux couches de muscles longitudinaux. Tout le long de leur étendue, les troncs sont séparés du cœlome par la cloison mentionnée plus bas, et leurs commissures traversent cette cloison.

Sur quelques préparations, notamment sur celles des premiers segments, on peut facilement distinguer que ces commissures forment immédiatement auprès de la cloison un petit ganglion
*Page 253* muni de grandes cellules ovales. Dans chaque segment, le tronc nerveux donne naissance à un fort nerf qui, entrant dans la cavité de la patte, se divise en trois branches ; il donne de même d'autres nerfs se dirigeant vers les muscles des parois du corps. L'existence de ramifications nerveuses n'était pas encore connue jusqu'à présent. A leur extrémité postérieure, les troncs nerveux présentent une particularité intéressante, qui consiste en ce qu'ils cèdent leur place aux oviductes des organes sexuels femelles et changent de direction. Chaque tronc passe du côté ventral au milieu du coelome, se courbant assez brusquement, immédiatement avant la réunion des deux tubes génitaux latéraux en un canal sexuel commun, et ensuite se divise en branches, sans se joindre au tronc du côté opposé.

De même que les ganglions cérébraux, les troncs nerveux sont recouverts sur toute leur étendue par une membrane distincte formant partout des contours doubles. A ce qu'il paraît, les nerfs qui naissent de ces troncs conservent aussi l'enveloppe. Dans la partie des troncs tournée vers le côté ventral, sont situées des cellules nerveuses tout à fait identiques à celles qui forment la substance périphérique des ganglions cérébraux. La masse fibrillaire (Fibrilläre Puncktsubstanz) est tournée vers l'intérieur et présente, d'après ses proportions, un développement plus grand que celui de la substance cellulaire. A l'intérieur de la masse fibrillaire, dans la partie médiane du tronc nerveux, presque à la limite des cellules nerveuses, on aperçoit sur les coupes successives quelque chose comme un orifice fortement indiqué, de forme ovale et dont le diamètre varie de 0,01$^{mm}$ à 0,02$^{mm}$. La situation de ces orifices reste la même sur toutes les coupes et, leur grandeur étant variable, il devient évident que ces orifices correspondent l'un à l'autre (Tabl. XII, fig. 20, o). On peut faire deux suppositions pour déterminer la signification de ces orifices : on peut admettre qu'à l'intérieur du tronc nerveux, parmi les fibrilles nerveuses très minces, se trouvent plusieurs grosses fibrilles d'un calibre variable, ou supposer qu'il se trouve là des canaux creux. Dans le premier cas, le carmin aurait dû colorer ces formations et elles ne paraîtraient pas, dans les coupes, sous la forme d'orifices incolores et transparents. C'est pourquoi, si l'on en juge d'après l'aspect des préparations et d'après la proportionnalité permanente dans la

situation des orifices, la supposition que les orifices qu'on aperçoit sur les coupes ne sont que des sections de canaux qui passent à l'intérieur des troncs nerveux, est très probable. En faveur de la première supposition, c'est-à-dire de l'existence de grosses fibrilles intérieures, pourrait plaider la fameuse observation de Claparède sur les grosses fibrilles médianes de quelques Oligochètes, qu'il a d'abord trouvées chez *Pachidrilus*, *Clitellio* et plusieurs autres petites formes, et qu'il a comparées avec les grosses fibrilles de l'Ecrevisse et de quelques Insectes. Leydig (1) confirma cette découverte et trouva dans le *Lumbricus agricola* trois fibrilles immenses comparées aux autres fibrilles nerveuses, des fibrilles à bords foncés (riesige dunkelrandige Nervenfasern), qui s'étendaient tout le long des troncs nerveux dans leur partie dorsale. Dans la description détaillée de ces fibrilles, Leydig parle de la substance centrale et de la partie molle ou de la couche de graisse, qui à cause de l'absence de l'enveloppe de Schwann, forme l'enveloppe extérieure de ces fibrilles ; il trouve une ressemblance complète entre ces fibrilles et les fibrilles nerveuses à bords foncés des Vertébrés ; il indique en même temps que ces fibrilles, au premier coup d'œil, semblent être des canaux creux. Ainsi à la page 170 (l. c.) il dit : « Ich selber habe die letzteren frűher fűr Blutgefässe ausgegeben, denn was ich in meinen Mittheilungenűber das Nervensystem der Anneliden (Archiv fűr Anat. und Phys. 1862) als Lángsblutgefáss des Bauchmarkes bezeichnet, ist eine solche « Faser ». Die Aehnlichkeit zwischen einen leeren Blutgefáss und diesen Nervenfasern ist aber auch was ich jetzt noch sehe, in der That gross. » Mais malgré des analogies si étroites, je n'ai pu, même sous des grossissements considérables, observer un bord foncé dans les orifices que j'ai décrits, et je n'ai pu voir ni la couche corticale qui, d'après Leydig, présente des zones distinctes, ni la substance intérieure ; c'est pourquoi j'ai dû supposer que j'avais affaire à des canaux creux intérieurs, assez nombreux, s'étendant le long du tronc nerveux, plus près du côté ventral (2).

Page 254

(1) Leydig. Von Bau der thierischen Körpers. S. 154 v. 170.

(2) Les recherches de Claparède (Histologische Untersuchungen über den Regenwurn ; Zeitschrift f. wissens. Zool. XIX, B. 4, 1869), parues à la fin de l'année dernière, c'est-à-dire longtemps après le dixième congrès, me persuadèrent encore plus qu'entre les canaux trouvés chez *Peripatus* et les grosses fibrilles nerveuses récemment décrites par Claparède et Leydig dans les *Oligochaeta*, il y a peu de ressemblance. Dans les dessins de coupes tranversales donnés par Claparède (Taf. XLVII, Fig. 3 et 4, e, f.), comme dans la descrip-

*Page 255* Pour compléter ce qui a été dit du système nerveux du *Peripatus capensis*, je dois ajouter encore quelques mots pour observer que je n'ai pu réussir à trouver, au bout postérieur des troncs ventraux, cette jonction en forme d'arc que Grube a vue dans le *Peripatus Edwardsii* et qu'il décrit comme un ganglion bien distinct; au contraire, dans les coupes transversales que j'ai faites sur le bout postérieur du corps, j'ai vu des ramifications distinctes dans chaque tronc, du côté ventral du corps, qui se terminaient au milieu du cœlome, de chaque côté du rectum. Cette différence dans un grand caractère anatomique me paraissait très étrange, mais ne supposant aucune erreur de mon côté, j'ai cherché à trouver quelque explication à une telle contradiction. A ce qu'il me semble, tout peut s'expliquer par la différence dans la situation de l'orifice sexuel extérieur : chez le *Peripatus capensis*, qui m'a servi de matériel, cet orifice est reculé complètement vers le bout postérieur du corps, tandis que chez *Peripatus Edwardsii*, au contraire, il est situé très loin de l'extrémité, entre les pattes de l'avant-dernière paire. Peut-être les conditions topographiques du cœlome à l'extrémité postérieure du corps du *Peripatus Edwardsii* contribuent-elles fort au développement de la commissure anastomotique ou à la formation de l'arc, mais chez le *Peripatus capensis* l'utérus, formé de deux tubes latéraux, occupe avec le rectum tout le bout postérieur du corps et repousse même, comme je l'ai déjà remarqué, les troncs nerveux vers le milieu du corps, ne laissant ainsi aucun libre espace pour former un ganglion.

A propos du système circulatoire du *Peripatus*, on peut remarquer qu'il existe seulement un vaisseau dorsal ; les deux vaisseaux latéraux décrits par Grube n'ont rien de commun, comme nous l'avons vu, avec la circulation. Le vaisseau dorsal n'a pas le même calibre sur toute son étendue ; vers le bout postérieur il devient beaucoup plus large. Il commence par une fente transversale derrière les

tion de cet auteur (pages 588 et 589), on peut remarquer que ces formations sont situées, non au milieu du tronc nerveux, comme le pensait Claparède, ni dans la partie dorsale, comme le disait Leydig, mais hors de la substance nerveuse. Claparède représente ces tubes avec de grosses parois lamelleuses, et un calibre qui se modifie tout le long de leur étendue ; il émet un doute concernant leur signification de simples fibrilles nerveuses d'une grandeur considérable. Quant aux orifices ovales que j'ai observés et représentés dans les coupes des troncs nerveux chez *Peripatus*, ils se trouvent au contraire, sans aucun doute, à l'intérieur de la substance nerveuse, et précisément dans la partie fibrillaire, tout près de la limite des cellules nerveuses, non loin du bord extérieur du tronc. Les cordons nerveux, comme je l'ai déjà dit, ne forment aucune anastomose en arrière.

ganglions cérébraux et se termine de même, mais par une fente plus large, s'ouvrant dans la partie postérieure du cœlome. Le vaisseau est situé dans une gouttière formée par des muscles longitudinaux ; du côté ventral, surtout vers le bord, il est encore entouré d'un tissu poreux particulier, composé de cellules que Grube compare au corps adipeux des Insectes. Quant aux autres organes du *Peripatus* qui sont encore dignes d'attention, je signalerai les petites glandes sous-cutanées qui ont échappé à l'observation de Grube. Ces glandes sous-cutanées, si l'on peut les nommer ainsi, s'étendent le long de la ligne médiane ventrale. J'ai déjà mentionné, dans la description des caractères extérieurs, les points noirs situés au milieu de chaque paire de pattes.

Frauenfeld, en décrivant un *Peripatus capensis* vivant, parle d'une bande noire entrecoupée, située au milieu du côté ventral. Probablement cette bande a quelque rapport avec les glandes que j'ai remarquées : précisément, sur la ligne médiane, entre chaque paire de pattes, immédiatement entre les muscles et la peau, se trouve une ampoule assez transparente, qu'on dirait remplie de cellules. Je n'ai pu savoir si cette ampoule a quelque orifice extérieur, mais partout où elle se trouve, les parois extérieurs forment un enfoncement qui est situé bien près d'elle. Par devant et par derrière l'ampoule, on aperçoit entre les muscles et la peau, dans un certain espace, une grande cavité longitudinale qui disparaît entre les intervalles des pattes. Quelle signification auraient ces ampoules, je ne saurais le décider ; mais je puis observer que la commissure nerveuse passe quelquefois tout près d'elles.

Quant à la structure du canal intestinal, aux organes sexuels femelles, et au système musculaire du Ver, Grube en a fait, dans son travail, une description exacte ; c'est pourquoi je ne m'y arrête *Page 256* point. Je remarquerai seulement que, dans la cavité du canal intestinal de l'exemplaire que j'ai étudié, se trouvaient en grand nombre de parties isolées, appartenant sans aucun doute à des corps d'Arthropodes, voire d'Insectes, à ce qu'il paraît, mais on y voyait aussi un assez grand nombre de parties végétales.

En conséqnence, la supposition de Grube que *Peripatus* se nourrit du sang des autres animaux ne peut être accueillie ; *Peripatus,* à ce qu'il paraît, est un animal omnivore, mais plutôt rapace si l'on en juge d'après ses parties extérieures, les griffes et les mâchoires notamment.

J'ai remarqué dans mon exemplaire de *Peripatus capensis*, vers la partie postérieure du corps, entre les pattes de la 16e et 17e paire,

dans les muscles sous-cutanés, un corps foncé oblong d'une grandeur considérable et ressemblant à quelque corps étranger accidentel. Grâce à des recherches plus attentives, ce corps oblong fut reconnu pour un parasite enfermé dans une enveloppe presque opaque. Je n'ai pu parvenir à faire une préparation entière de ce parasite, mais en ayant détruit l'enveloppe, j'ai pu me persuader qu'une grande partie, sinon toute la superficie du parasite renfermé dans cette enveloppe, est couverte de crochets transparents, semblables à ceux de la trompe de l'*Echinorhynchus*. Comme le corps de ce parasite fut détruit pendant l'extraction, je n'ai pu l'étudier plus attentivement.

A la suite de mes notes sur la structure du *Peripatus capensis*, je vais décrire encore une nouvelle espèce du même genre. Un élève du professeur Leuckart, M. Pessler, trouva cette espèce en Nouvelle-Hollande, dans la direction nord-ouest de Sidney. On ne connaissait jusqu'ici aucune espèce de *Peripatus* dans la Nouvelle-Hollande, et l'espèce qui y a été trouvée présente quelques caractères distinctifs importants.

Ce *Peripatus* a 15 paires de pattes ; la première est sans griffes, mais les 14 autres en ont. Ce caractère est le même que celui du *Peripatus brevis*, décrit par Blanchard, et trouvé au cap de Bonne-Espérance, mais la grandeur des deux espèces est très différente ; tandis que le *Peripatus brevis* a 43$^{mm}$ de long, l'exemplaire de la Nouvelle-Hollande est deux fois plus petit et n'a que 21$^{mm}$. L'orifice sexuel est situé entre les pattes de la dernière paire ; ce caractère le distingue du *Peripatus Edwardsii* et du *Peripatus capensis*.-L'anus est placé au sommet du bout postérieur du corps, mais il est considérablement tourné vers le bas, du côté ventral ; il paraît d'ailleurs assez grand et entouré d'une protubérance cutanée molle, ce que je n'ai pas remarqué chez le *Peripatus capensis*. L'animal est d'une couleur très sombre, presque noire sur le dos ; du côté ventral il est plus clair et de couleur grisâtre. Des papilles sont situées sur le dos et sur le ventre ; seulement, du côté ventral, elles sont plus allongées dans la direction transversale. Au milieu de chaque paire de pattes se voit une tache claire ovale, non couverte de papilles. (Cette tache correspond aux enfoncements sombres du *Peripatus capensis*, sous lesquels se trouvent les glandes que j'ai
*Page 257* décrites). De même que dans le *Peripatus capensis*, les papilles sont rouges et grandes, ou noires et petites ; mais il y a beaucoup moins de papilles rouges que de papilles noires. Le long du dos se trouve une bande médiane composée seulement de papilles noires, mais cette ligne est faiblement marquée.

Les papilles dorsales sont situées en rangs transversaux réguliers, et chaque rang est séparé du suivant par un sillon assez profond. La peau, entre les papilles, est de couleur gris sombre ; sur les pattes, les papilles sont situées assez loin l'une de l'autre.

Les pattes ont des semelles formées, comme chez le *Peripatus capensis*, par trois protubérances longitudinales, mais la forme de ces protubérances diffère ici considérablement (Tabl. XIII, fig. 33) : la protubérance supérieure est noire, fortement courbée en arc et beaucoup plus étroite que les deux suivantes. La deuxième et la troisième protubérances sont d'une couleur rouge-jaunâtre, beaucoup plus courtes mais aussi plus larges que la première. Le segment onguiculé de la patte se distingue par sa forme carrée, résultant de ce qu'on trouve à son sommet une papille de chaque côté (chez *Peripatus capensis* il y a trois papilles). Les griffes sont plus petites que dans le *Peripatus capensis*. La structure de la bouche est la même que chez les autres espèces, seulement ses parties molles, comme celles de l'orifice sexuel, sont blanches et non jaunes, ainsi qu'on l'observe dans les autres espèces.

Du reste, la couleur pourrait être influencée par l'alcool dans lequel l'animal a été conservé. Comme supplément à la description des caractères extérieurs de ce Ver, je relèverai les principales dimensions de l'exemplaire décrit.

Longueur du corps 21$^{mm}$., largeur maximun 3, 03$^{mm}$. Longueur des antennes, de 1, 6 à 1, 73$^{mm}$., largeur des antennes à leur base 0,389$^{mm}$., largeur au milieu 0,26$^{mm}$., longueur de l'orifice buccal avec les parties molles qui l'entourent 0,252$^{mm}$., longueur des pattes d'en haut 2,16$^{mm}$., leur largeur à la base 0,88$^{mm}$ (elle n'est pas égale partout) longueur du segment onguiculé 0,26$^{mm}$., diamètre de l'orifice sexuel avec les parties molles qui l'entourent 0,65$^{mm}$., diamètre de l'œil 0,11$^{mm}$., largeur de la base des griffes 0,105$^{mm}$. Cette espèce est décrite d'après l'exemplaire appartenant au Professeur Leuckart, avec le consentement de ce dernier. Je propose de la nommer *Peripatus Leuckartii.*

La courte diagnose de cet animal peut être formulée de la manière suivante. L'espèce a quinze paires de pattes ; l'orifice sexuel est placé entre les pattes de la dernière paire. Les pattes sont garnies de trois protubérances longitudinales sur les semelles, l'une est longue et en forme d'arc, les deux autres sont courtes et droites. Cette espèce habite la Nouvelle-Hollande.

Maintenant que nous connaissons la structure et les particularités du *Peripatus*, il nous reste à résumer quelques résultats qui ont un

intérêt systématique, et à répondre, autant que possible, à la question concernant la place que doit occuper dans le système le groupe des *Onychophora*, dont *Peripatus* est le seul représentant.

Déjà au commencement de ce mémoire, j'ai parlé des différentes opinions qui existent dans la science ; j'ai rappelé que les savants français excluent complètement ce groupe du type des Vers, tandis que la plupart des systématiciens allemands assignent à cet animal une place spéciale dans la classe de Vers annelés. L'impression que
*Page 258* j'ai emportée de mes recherches sur le *Peripatus capensis*, c'est que *Peripatus* est sans aucun doute un Ver, mais qu'il représente en même temps une intéressante forme de transition entre les Vers et les Arthropodes.

L'existence dans le corps du *Peripatus* d'organes segmentaires, la distincte segmentation extérieure exprimée par le nombre de paires de pattes et le type de la structure du système nerveux (qui présente beaucoup de ressemblance avec le système nerveux des *Hirudinea*, *Oligochaeta* et *Appendiculata polychaeta*, comme *Sabella*, *Serpula*, etc.) — tout cela réuni prouve que cet animal appartient aux Vers.

Le degré de développement du système nerveux est inférieur, sous plusieurs rapports, à celui de ce système dans beaucoup d'autres Vers : les troncs ventraux ne forment pas de ganglions, les cellules nerveuses et la substance fibrillaire sont également distribuées sur toute l'étendue et les troncs ventraux sont fortement écartés vers les côtés du corps. Le système circulatoire est développé très faiblement et représenté seulement par un vaisseau dorsal ouvert aux deux bouts.

De pareilles ressemblances naturelles avec le type des Vers, éloignent considérablement *Peripatus* des Arthropodes. Au contraire, les autres caractères rapprochent les Onychophores de ce type plus parfait; le motif principal de ce rapprochement se trouve essentiellement, semble-t-il, dans les conditions de la vie terrestre et prédatrice ; en corrélation avec la vie de cet animal sur la terre ferme, nous avons le droit de supposer que les organes segmentaires se sont adaptés à la respiration et que les canaux latéraux servent de récipients à gaz ; les instruments prédateurs sont représentés par les fortes grilles, les mâchoires tranchantes, l'armature générale des parois du corps, le fort développement des glandes excrétrices qui préparent la mucosité, etc.

Tous ces caractères justifient complètement, il me semble, la réunion des *Onychophora* en une classe spéciale dans le type des

Vers, classe qui est aussi indépendante des Annelés que celle des *Gephyrea*, *Enteropneusti*, *Rotatoria*, etc. Gegenbaur attribue cette signification et cette importance au groupe de *Onychophora*; récemment (1), dans la dernière édition de son Anatomie comparée, cet auteur dit : « Auf gleiche Stufe mit den Gephyreen und Räderthieren muss ich die Onychophoren stellen... Sie scheinen noch früher als die vorhergehenden (Gephyreen) von einer den Würmern zu Grunde liegenden Urform sich abgezweigt zu haben, und weisen in ihrer Organisation auf eine gemeinsame Abstammung mit gegliederten Organismen, welche in höhere Zustande, wie wir sie bei den Arthropoden finden, übergegangen sind ». En un autre endroit (page 162), Gegenbaur émet une idée, qui en exprimant d'une manière juste les corrélations naturelles, rend plus aisément concevable les rapports entre les Onychophores et les Arthropodes : « les relations, dit-il, entre *Arthropoda* et *Annelida*, semblent relativement très étroites, de sorte qu'il faudrait réunir les Arthropodes *Page 259* avec les Vers dans un type commun, et l'examen de ces animaux, pris isolément, m'a conduit à penser que les Mollusques, de même que les Échinodermes, présentent dans quelques groupes des relations étroites de parenté avec les Vers. C'est pourquoi je regarde le type des Vers comme un groupe du règne animal qui présente des modifications dans beaucoup de directions et qui, en se rapprochant par ses formes inférieures des Mollusques et des Vertébrés représente, au moyen des Annélides, le passage de ces formes supérieures aux Arthropodes et aux Échinodermes. »

---

## EXPLICATION DES PLANCHES

### Planche XII

Fig. 1. — *Peripatus capensis* Gr. — *A*, du côté inférieur ; *B*, du côté supérieur ou dorsal.

Fig. 2. — La partie antérieure du corps, vue par dessous, pour montrer l'orifice buccal avec les lèvres qui l'entourent (*l*) ; *mx*, les grandes mâchoires postérieures ; *mx'*, les minces mâchoires antérieures ; *p*, la protubéranee avec les papilles en forme de carène.

Fig. 3. — La patte, vue en dedans : *pl*, les étroites plates-formes des semelles ; *o*, l'orifice de la glande segmentaire.

Fig. 4. — L'extrémité postérieure du corps de l'un des trois exemplaires du *Peripatus capensis* ; *x*, les griffes, une de chaque côté.

(1) Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Zw. Aufl. 1870. S. 159.

Fig. 5. — Le sommet de la patte, d'après un grossissement considérable : *pl*, les plates-formes des semelles ; *v*, les protubérances ovales en forme de vésicule au côté inférieur de la pyramide onguéale ; *d*, les orifices de ces protubérances.

Fig. 6. — Une griffe séparée de la patte.

Fig. 7. — Une papille armée de la surface du corps ; *a*, l'aiguille du sommet ; *b*, les épines ou les pétales couvrant la papille ; *c*, les points d'adhérence de ces épines (les cellules sous-cutanées).

Fig. 8. — La partie d'une coupe transversale à travers la région céphalique du corps, les yeux sont aussi coupés : *gn*, le ganglion nerveux du côté gauche, coupé dans sa partie antérieure ; *t*, son enveloppe ; *n*, la substance nerveuse — la coupe, qui entoure l'œil en dedans et qui est en relation avec le ganglion — ; *p*, les muscles longitudinaux ; *a*, les papilles armées d'aiguilles ; *b*, les papilles obtuses, près de la surface de la tête.

*Page 260* Fig. 9. — La coupe transversale des ganglions cérébraux, passant en outre dans la partie où les deux s'unissent, la cloison musculaire qui les sépare a disparu : *nc*, bande de substance nerveuse dans la partie supérieure de la moelle, composée de fibrilles qui passent d'un ganglion à l'autre ; *nb*, la substance fibrillaire : *na*, la substance périphérique des ganglions nerveux ; *ac*, les protubérances nerveuses accessoires, tournées en dedans vers le pharynx et prises pour des vésicules de l'ouïe.

Fig. 10. — Coupe à travers l'orifice buccal au point où se trouvent les grandes mâchoires ; *mx*, les mâchoires , *gn*, les ganglions cérébraux ; *t*, leur enveloppe ; *oe*, le pharynx s'ouvrant en bas ; *l*, les lèvres ; *p'*, coupe à travers la première (fausse) paire de pattes ; *lp*, la cavité de la patte.

Fig. 11. — La protubérance en forme de carène dans la partie supérieure du pharynx, au-dessus des mâchoires : *q*, les papilles ; *c*, la cuticule ; *se*, sous-cuticule ; *m*, muscles.

Fig. 12. — Coupe près de la partie postérieure de la bouche, à la place où les ganglions cérébraux s'unissent avec les troncs nerveux ventraux. Les lettres ont la même signification que dans la figure précédente : *e*, tube qui s'ouvre dans la première (fausse) patte et qui présente a l'intérieur un délicat épithélium cylindrique.

Fig. 13. — La surface des lèvres qui entourent l'orifice de la bouche : *q*, les papilles ; *l*, les corps cellulaires situés au-dessous d'eux.

Fig. 14. — A. Une partie de la coupe derrière l'orifice de la bouche : *oe*, oesophage ; *n*, les troncs nerveux unis par une commissure ; *i*, le cœcum antérieur de la partie digestive du canal intestinal avec un fort développement de la couche épithéliale ; *gs*, les tubes à parois musculaires qu'on prenait pour les organes sexuels mâles.

B. La coupe suivante montrant la partie digestive du canal intestinal (*i*), qui est très large au début.

Fig. 15. — Coupe dans la partie antérieure du corps : *gl*, l'organe décrit par Grube sous le nom de canal ou vaisseau latéral ; *a*, le vaisseau circulatoire dorsal ; *m*, la coupe des masses musculaires longitudinales.

Fig. 16. — Structure des parois des glandes décrites comme organes sexuels mâles (*gs*, sur les coupes) : *ml*, les muscles longitudinaux ; *mt*, les muscles transversaux ; *s*, les cellules glanduleuses.

Fig. 17. — Coupe à travers les organes segmentaires rameux situés dans les intervalles entre chaque paire de pattes : *a*, le tube glanduleux médian ; *b*, *b'* et *b''*, les tubes à minces parois qui l'entourent.

Fig. 18. — La même coupe, mais passant dans la partie des organes qui est tournée en avant, à la place où les tubes à minces parois présentent les développements suivants.

Fig. 19. — Dessin schématique pour montrer en profil la situation du système nerveux dans la partie antérieure du corps : *g*, le ganglion cérébral ; *oc*, l œil ; *ac*, la protubérance nerveuse ; *n*, le tronc nerveux ventral ; *ph*, le pharynx avec la protubérance en forme de carène ; *oe*, œsophage.

Fig. 20. — Coupe du tronc nerveux ventral avec le commencement d'une commissure : *ps*, la substance fibrillaire ; *o*, les canaux creux dans cette substance ; *n*, la substance périphérique avec les cellules ; *t*, l'enveloppe ; *g*, le ganglion dans la commissure ; *m*, la cloison musculaire.

## Planche XIII

Fig. 21. — Une partie de la coupe à travers la surface où la patte adhère au corps, pour montrer la partie des organes segmentaires rameux (située dans les intervalles de chaque paire de pattes) qui passe dans la cavité de la patte : *so*, tube glanduleux central ; *sot*, les tubes à minces parois qui l'entourent ; *n*, le tronc nerveux ; *gl*, le tube tapissé à l'intérieur d'épithélium (Settenkanal — Grube), qui s'étend sur le côté du corps ; *ml* et *mt*, les muscles.

Fig. 22. — La même coupe, passant au point où, sur le tronc nerveux, prend naissance le nerf qui se dirige dans la patte (*nv*) : *so*, la coupe de l'organe rameux susdit ; *st*, l'orifice à la base de la patte.

Fig. 23. — Coupe à travers la surface adhérente de la dixième paire de pattes : *gl* et *gl'*, le bout terminal du tube marqué des mêmes lettres que sur les figures précédentes ; *sot*, les branches de l'organe segmentaire ; *so*, le canal excréteur du même organe, s'ouvrant par un orifice situé à la base de la patte.

Fig. 24. — La même coupe dans son autre partie, pour montrer le bout du tube *gl* et les nombreuses ramifications des tubes *gs*, qui ont été prises pour les organes sexuels mâles ; *a*, le vaisseau circulatoire dorsal.

Fig. 25. — Coupe dans la moitié postérieure du corps : *n*, tronc nerveux ; *nv*, coupe d'un nerf des pattes qui commence à ce tronc ; *so*, coupe d'un organe segmentaire qui passe dans la cavité de la patte ; *i*, canal intestinal ; *a*, vaisseau circulatoire ; *ov*, utérus ; *x*, ovaire (?).

Fig. 26. — Coupe près de l'extrémité postérieure du corps, à travers le rectum (*i*), à la place où les utérus (*ov*) sont encore situés séparément sur les deux côtés du corps, et où on aperçoit encore en coupe le vaisseau circulatoire (*a*). Les troncs nerveux passent ici du côté ventral venant du côté dorsal : *m*, la cloison qui est attachée aux parois des intestins.

Fig. 27. — Coupe au point où les utérus s'unissent, en forme d'arc, en un tube excrétoire commun. Le vaisseau circulatoire a disparu, il est remplacé par une cavité étendue, traversée par une cloison (*m*) : *n*, la fin des troncs nerveux. *Page 262*

Fig. 28. — Coupe dans l'extrémité postérieure du corps passant à travers l'orifice sexuel (*vl*) ; *an*, la fin du rectum.

Fig. 29. — L'extrémité postérieure du corps de *Peripatus capensis*, vue de l'extérieur : *vl*, l'orifice sexuel ; *an*, anus.

Fig. 30. — *Peripatus Leuckartii* n. sp. — La partie céphalique du corps : *an*, les antennes ; *oc*, les yeux ; *o*, la bouche entourée de lèvres ; *p'*, la première (fausse) paire de pattes ; *p2*, la deuxième paire de pattes.

Fig. 31. — L'extrémité postérieure du corps de *Peripatus Leuckartii* : *vl*,

l'orifice sexuel ; *an*, anus ; *gm'* la tache privée de protubérances, qu'on aperçoit entre chaque paire de pattes, sur la ligne médiane.

Fig. 32. — Patte du *Peripatus Leuckartii*, vue d'en haut.

Fig. 33. — La patte, vue d'en bas : *pl*, deux plates-formes de la semelle, de couleur jaunâtre ; *pu*, l'arc de la semelle de couleur foncée.

Fig. 34. — Le sommet d'une patte de la deuxième paire, dont les griffes ont encore une boule de mucosité.

Fig. 35. — Le sommet d'une patte en coupe transversale pour montrer qu'elle porte quatre papilles rangées en forme de croix.

(Dans la planche qui accompagne cette traduction on a relevé quelques-unes des figures de l'auteur en conservant scrupuleusement leurs numéros et les lettres qui les accompagnent).

---

# LA DÉLÉGATION POUR L'ADOPTION D'UNE LANGUE AUXILIAIRE INTERNATIONALE.

## Appel aux Sociétés savantes.

par **L. LEAU.**

La question si controversée d'une langue auxiliaire internationale se pose, depuis quelque temps, avec une force nouvelle, excitant le plus vif intérêt dans les mondes les plus divers en apparence, Clubs de touristes, Chambres de Commerce, Sociétés savantes ; et tout fait espérer qu'elle recevra enfin, dans un délai assez court, une réponse satisfaisante, par l'adoption, volontairement consentie par les intéressés, d'un idiome capable de servir aux relations les plus simples de la vie journalière comme aux plus élevées de la vie intellectuelle et morale. Aussi, le moment est-il venu d'entretenir les lecteurs du « Bulletin de la Société Philomathique » des efforts tentés pour réaliser un progrès aussi considérable ; beaucoup d'entre eux, sans doute, voudront participer à une entreprise dont le succès aura les effets les plus heureux et les plus étendus.

Une langue *auxiliaire internationale* n'est pas destinée à remplacer les langues maternelles et à jouer ainsi le rôle de langue *universelle unique*. Ce dernier projet, d'une utilité contestable, n'aurait d'ailleurs pas la moindre chance d'être accepté ; mais, pour éviter toute équivoque, il était nécessaire d'écarter de prime-abord cette conception utopique. Les qualificatifs mêmes de la langue « auxiliaire et internationale » indiquent clairement son but. Elle doit se substituer aux langues naturelles dans les relations écrites et orales, entre personnes de langues naturelles différentes. Elle rendra par conséquent inutile l'étude des langues étrangères, à presque toutes les personnes qui en avaient besoin jusqu'ici. Cette étude deviendra une spécialité ou bien fera partie d'une éducation aristocratique. Quel allègement des programmes d'enseignement presque partout si chargés ! Que de temps rendu à des travaux d'une plus grande valeur propre ou bien à des délassements intelligents ! A ce gain si appréciable ne se borneront d'ailleurs pas les bienfaits d'une langue auxiliaire. Grâce à elle, tous les hommes civilisés pourront enfin se comprendre. Actuellement, au contraire,

les personnes qui connaissent deux ou trois idiomes étrangers sont assez rares, et cette science est encore dans bien des cas insuffisante. S'agit-il en effet de se rendre compte de visu du développement d'une théorie nouvelle et des travaux qu'elle suscite? Il serait nécessaire de lire des mémoires qui peuvent paraître dans cinq ou six langues différentes!

C'est là une situation déplorable, qui tend à s'aggraver encore, car certains peuples, nés d'hier à la civilisation, prétendent se servir maintenant de leurs propres idiomes pour répandre dans le monde leurs propres découvertes. Lorsque l'on envisage ce fâcheux état de choses, une langue internationale apparaît comme une véritable nécessité.

Quelques personnes pensent que cet idiome rêvé apportera au monde quelque chose de plus, la paix, la concorde. Il est permis de ne pas oser partager cet optimisme. Les querelles humaines ne proviennent pas de ce que l'on ne s'entend point « en paroles », mais de ce que l'on ne se comprend pas « en esprit ». Un coup d'œil rapide jeté sur n'importe quel pays de langue unique permet de s'en rendre compte. D'ailleurs, un langage international est par lui-même un organe de transmission indifférent. De même que la vapeur transporte à volonté des canons ou de la charpie, il portera de même à notre gré des paroles de haine ou de paix.

Acceptons la réalité des choses. L'usage d'une langue auxiliaire internationale constituera par lui-même un immense progrès, digne des efforts de tous les hommes de bonne volonté. Ce progrès, comment l'accomplir? Deux questions se présentent naturellement à l'esprit :

1° Existe-t-il une ou plusieurs langues pouvant jouer le rôle de langue auxiliaire internationale?

2° Peut-on en faire pratiquement adopter une?

*Il faut et il suffit* que l'on réponde d'une manière satisfaisante à ces deux questions pour que le problème posé soit résolu.

### 1re Question. — Existe-t-il une ou plusieurs langues pouvant jouer le rôle de langue auxiliaire internationale?

Deux observations préliminaires sont indispensables : 1° Pour qu'une langue puisse remplir son office d'idiome international, il *suffit* qu'elle ne soit pas plus difficile à écrire et à parler que l'une des langues naturelles des peuples civilisés.

En effet, chacune de ces dernières est journellement apprise par

des personnes d'une autre langue maternelle, et elle sert effectivement d'organe de communication entre des personnes de langues maternelles différentes.

Il y a donc avantage évident à substituer à l'étude d'un grand nombre de langues étrangères l'étude d'une seule langue de difficulté non supérieure.

2° Entre plusieurs langues capables de servir également d'idiome international, il convient de choisir la plus facile. Non seulement ce choix présente un avantage immédiat, mais il est encore d'une véritable nécessité, car fatalement, une langue notablement plus facile qu'une autre, finirait par la supplanter.

Nous allons exposer rapidement les principaux systèmes qui ont été proposés comme langue auxiliaire. De cette brève étude, on tirera certainement la conclusion que plusieurs idiomes pourraient *séparément* prétendre apporter la solution attendue, de sorte qu'il ne reste, en fait, qu'à se déterminer pour l'un d'eux. Je me bornerai à *décrire* en spectateur impartial les systèmes qui ont été ébauchés ou terminés, bien qu'ils soient à coup sûr de valeurs très différentes.

Les solutions proposées se rattachent à deux groupes distincts: langues anciennes ; langues artificielles. Il ne saurait être question de l'adoption d'un idiome national : les rivalités entre les peuples la rendent a priori impossible.

**Langues anciennes.** — On sait que le latin est resté jusqu'au XVIII^e siècle la langue internationale des savants, alors que le latin barbare des peuples de l'ancien empire romain s'était depuis longtemps transformé en plusieurs langues nationales différentes. Quelques personnes se flattent encore de lui restituer son ancienne prédominance (1). Ainsi, pensent-elles, l'éducation littéraire des jeunes gens se fortifiera et l'unité de la pensée scientifique à travers les siècles ne sera point brisée.

La langue harmonieuse des Grecs compte aussi plusieurs partisans. On ne considère point comme un obstacle qu'elle soit encore une langue vivante. Les susceptibilités nationales ne s'éveilleraient pas à cet hommage rendu à un peuple puissant seulement pas la majesté des souvenirs.

Mais qu'il s'agisse de la langue d'Homère ou de celle de Virgile, deux tendances opposées se dessinent aussitôt. Les uns se refusent à défigurer l'idiome antique de leur choix et consentent seulement,

(1) Des mémoires d'une très grande valeur ont encore été écrits dans cette langue au XIX^e siècle.

nécessité absolue en ce qui concerne le latin, à le doter des termes nouveaux que notre civilisation réclame. Les autres plus soucieux de la clarté qu'exigent impérieusement les exposés scientifiques et de la simplicité qui serait pour la majorité des hommes un puissant attrait, que du respect dû à un glorieux passé littéraire et des traditions de l'éducation classique, proposent hardiment de remanier la grammaire et le lexique d'une langue ancienne, pour l'approprier plus aisément aux besoins de la vie et de la pensée modernes. Ils jetteraient bas sans regret un superbe édifice pour y prendre les matériaux d'une construction ample, régulière et en quelque sorte « confortable ».

**Langues artificielles** (1). — On a coutume de dire que plus de cent cinquante idiomes construits de toutes pièces ont été proposés, et on en tire généralement la conclusion d'apparence vraiment paradoxale qu'une langue artificielle est impossible. Aux arguments dont on a encore étayé cet aphorisme, il suffit de répondre d'un mot : une langue artificielle est possible, puisqu'il en existe de telles, puisque des milliers d'hommes se sont servis et se servent encore de ce moyen de communication.

Réduisons d'abord le nombre imposant des langues artificielles à sa valeur exacte. Beaucoup de systèmes ont sans doute été esquissés, parmi lesquels de simples pasigraphies. Mais trois seulement ont été achevés et sont pourvus au moins d'une grammaire et de dictionnaires. Il n'y a manifestement à s'occuper que de ces trois langues : Le volapük, l'esperanto, la langue bleue. Le volapük est mort, l'espéranto progresse, la langue bleue vient de naître.

**Le Volapük.** — On pourrait juger superflu de donner des indications sur un idiome qui, après quelques années d'engouement, s'est trouvé abandonné de ses plus chauds adeptes. Cependant, il constitue déjà un système bien coordonné, relativement simple, et qui fait honneur au linguiste qui l'a imaginé, M. l'abbé Schleyer.

Comment donc, demandera-t-on, le volapük n'a-t-il pas eu un plus durable succès, et ne faut-il pas voir dans cet échec l'impossibilité pratique de faire adopter une langue internationale? D'aspect rude et de vocabulaire difficile, le volapük nécessitait, *pour être assimilé,* une étude longue et rebutante. C'étaient là de mauvaises conditions pour la diffusion *spontanée* d'un idiome ; les Sociétés intéressées à l'emploi d'une langue internationale n'avaient pas, en

(1) Je remercie bien cordialement toutes les personnes, et spécialement les auteurs qui ont bien voulu me fournir des documents pour ce succinct exposé.

effet, couvert de leur autorité cet idiome naissant, et ne s'étaient nullement organisées pour le propager. Dès lors, chacun, en l'étudiant, pouvait avoir la pensée de donner un effort inutile ; et, de fait, l'événement a justifié ces craintes. Mais, c'est là un argument contre le défaut d'entente qui a marqué l'apparition du volapük et non contre l'usage même d'une langue auxiliaire.

Voici les règles principales du volapük :

Chaque lettre (il y en a 27), voyelle ou consonne, n'a qu'un seul et même son.

Il n'existe qu'une seule déclinaison, qui est la même pour toutes les parties déclinables du discours.

En ce qui concerne la conjugaison des verbes, les personnes sont marquées par les pronoms personnels ajoutés au radical. Les temps simples (indicatif) sont caractérisés par des augments, les temps dérivés sont formés des temps simples par l'addition de désinences. On forme le passif en préfixant un p aux différents temps de l'actif. Ex. : löf-ob, j'aime ; i-löf-ob, j'avais aimé ; pi-löf-oms, ils seraient aimés.

La construction se résume dans ce principe général que le *déterminé* doit toujours précéder le *déterminant*. Ex : cette phrase « Comme je ne connaissais pas votre adresse, je n'ai pas pu vous écrire » se traduira avec l'ordre suivant « Comme — non pas — je connaissais — adresse — vôtre — non pas — j'ai pu — écrire — à vous ».

Les radicaux ont été empruntés, sans règle précise, aux diverses langues romanes et germaniques. On en dérive par des préfixes et des suffixes, en nombre vraiment considérable, des mots (substantifs, adjectifs, verbes etc.), ayant un sens déterminé. Enfin, l'on forme des mots composés par la juxtaposition de mots simples reliés par la voyelle a.

Exemples : pük, langue ; pük-ik, qui a rapport à la langue ; pük-a-tidel, professeur de langue ; pük-ön, parler ; mot-a-pük, langue maternelle ; vol-a-pük, langue universelle.

Exemple de texte volapük :

*Français.* — Un jardinier qui n'aimait pas le travail, s'était couché à l'ombre d'un arbre et dormait profondément. Son maître survint en ce moment et lui fit des reproches, disant : « paresseux, tu n'es pas digne que le soleil t'éclaire ». — « Eh, » répondit l'autre, « c'est juste pour cela que je me suis couché à l'ombre ».

*Volapük.* — Gadel, kel no älöfom vobi, iseitom oki in jad bima e äslipom dibiko. Masel omik änokömom in timil at e ämekom lebla-

mis ome, sagöl : « O nedutel, no melidol das sol belitom oli ». — « O, votik âgesagom, » binos ebo « demü atos das eseitob obi in jad ».

**L'esperanto.** — L'auteur de cette langue artificielle est un médecin russe, le docteur Zamenhof, qui l'a publiée en 1887 (1).

*Alphabet et prononciation.* — Il n'y a pas de lettre muette, et toute voyelle comme toute consonne, s'y prononce toujours avec le son qui lui est attribué dans l'alphabet, que voici :

a (â), b, c (ts, comme dans tsar), ĉ (tch, comme dans tchèque), d, e (é), f, g (comme dans gant), ĝ (dj, comme dans adjudant), h (légèrement aspiré), ĥ (fortement aspiré), i, j (y, comme dans yeux), ĵ (comme le j français), k, l, m, n, o (ô), p, r, s (ss ou ç), ŝ (ch, comme dans chat), t, u (ou), ŭ (ou bref) v, z.

L'accent tonique est invariablement sur l'avant-derrière syllabe de chaque mot.

*Grammaire.* — Seize règles (2). Voici les principales :

1° Un article défini, invariable : la. — Pas d'article indéfini.

2° La langue n'a que deux cas, le nominatif et l'accusatif ; ce dernier se forme du nominatif par l'addition d'un n ; le nominatif pluriel se déduit du nominatif singulier par l'addition d'un j ; les autres cas sont marqués par des prépositions.

Le nominatif singulier d'un substantif est toujours terminé par o, d'un adjectif par a. Exemples : la patro, le père (nominatif) ; la patron, le père (accusatif, c'est-à-dire complément direct) ; kun la patroj, avec les pères ; blanka, blanc (nominatif singulier).

3° Le verbe ne change ni par les personnes ni par les nombres ; ceux-ci sont définis par le pronom employé.

Les formes actives sont caractérisées par des suffixes, ainsi que les participes passifs : mi faros, je fais — vi faris, vous faisiez — ili faros, ils feront — ŝi farus, elle ferait — ni faru, faisons — fari, faire — faranta, faisant — farinta, ayant fait — faronta, devant faire — farota, qu'on fait — farita, qu'on a fait — farota, qu'on fera.

La voix passive n'est que la combinaison du verbe esti (être) et d'un participe passif. Ex. : « la porte a été fermée » se traduit par « la — porte — est — ayant été fermée » (la pordo estas fermita).

4° L'adverbe se termine par e. Ex. : bone, bien.

5° La construction peut être très libre, grâce à l'emploi de l'accusatif qui marque le complément direct ou le lieu où l'on va, grâce

(1) Tous les renseignements qui sont donnés ici sur les langues artificielles sont naturellement empruntés aux grammaires ou manuels qui en exposent la théorie.

(2) Dont deux sont déjà énoncées.

aussi aux diverses prépositions qui ne laissent aucun doute sur les fonctions des mots. Il faut avoir soin de placer l'adverbe à côté du terme sur lequel il porte, avant ou après ; les prépositions avant leur complément ; les conjonctions avant les verbes.

Exemple : « j'ai rencontré Pierre auprès de l'église » peut se traduire de trois manières différentes, sans rien perdre de sa clarté.

1° Mi renkontis Petron apud la preĝejo.

2° Apud la preĝejo mi renkontis Petron.

3° Petron mi renkontis apud la preĝejo.

Les espérantistes apprécient beaucoup cette souplesse qui permet de mouler en quelque sorte la phrase sur la pensée même. Et ils attribuent cet heureux résultat principalement à l'emploi de l'accusatif qui donne également à la langue beaucoup de logique et de clarté.

*Lexique.* — Tous les mots du dictionnaire se forment au moyen d'un nombre assez faible de radicaux : 1° par l'emploi des terminaisons grammaticales. Ex. :

am-i, aimer ; am-o, amour ; am-ant-o, amant ; tuj, de suite ; tuj-a, immédiat (1).

2° Par la réunion de plusieurs mots. Ex :

al-por-ti, apporter ; (al, à ; porti, porter) ; staci-dom-o, gare ; (staci, station ; dom-o, maison).

3° Par l'adjonction de préfixes et de suffixes, au nombre d'une trentaine :

« Mal » marque les contraires. Ex :
Forta, fort ; mal-fort-a, faible.
Ferm-i, fermer ; mal-ferm-i, ouvrir.
« Il » indiquent l'instrument. Ex :
Hak-i, hacher ; Hak-il-o, hâche.
« Ar » marque la collection. Ex :
Ŝtup-o, marche ; ŝtup-ar-o, escalier.
« Ec » exprime la qualité abstraite. Ex :
Mal-riĉ-a, pauvre ; mal-riĉ-ec-o, pauvreté.
« Ek » indique une action qui commence. Ex :
Vid-i, voir ; ek-vid-i, apercevoir.
« Ig » veut dire : rendre, faire... Ex :
Pur-a, pur ; pur-ig-i, nettoyer.
Sen, sans ; sen-ig-i, dépouiller.

(1) Ici et dans les exemples suivants, je sépare au moyen de traits les différentes parties des mots pour mettre leur mode de formation en évidence.

En réalité, ces trois procédés ne sont pas distincts ; ils ne ramènent à la juxtaposition de mots invariables entre lesquels l'idée à exprimer a été préalablement désarticulée. Les mots dérivés figurent d'ailleurs tous dans les dictionnaires complets déjà publiés.

Les radicaux auxquels, en fait, le lexique se réduit donc, n'ont pas été choisis au hasard. Les espérantistes attribuent à ce choix une importance capitale. Il est basé sur le « principe d'internationalité maximum » qui permet d'atteindre pour chaque idée, le plus d'hommes possible de notre civilisation européenne et d'imposer ainsi le minimum d'efforts et de travail.

Certains mots sont tout-à-fait internationaux ; l'esperanto s'en empare : atomo ; komedio ; poŝto ; proklami, etc.

Beaucoup d'autres se retrouvent, à peine défigurés, dans plusieurs langues. Ex. :

muskolo fr. angl. all. rus. pol. it. exp, lat.
faceto fr. angl. all. it. esp.
muso (souris) angl. all. rus. pol. it. lat.
floro fr. angl. it. esp. lat.
matraco (matelas) angl. all. pol.
melki (traire) angl. all.
fingro (doigt) angl. all.

Enfin, certains éléments ne sont nullement internationaux ; l'esperanto les emprunte soit au latin, encore connu pour la plupart de ses mots par un grand nombre d'hommes, soit aux rameaux slave ou germain, moins atteints que d'autres par les radicaux partiellement internationaux. Ex. : tamen, cetera, dekstro (latin) svati, brovo, vato (russe ou polonais) knabo, flegi (germain).

*Situation actuelle de l'esperanto.* — Cette langue a eu des parrains illustres. Max Müller a porté sur elle ce jugement « Je dois certainement attribuer la première place à la langue esperanto parmi ses concurrentes. » Tolstoï n'est pas moins affirmatif : « Les sacrifices que fera tout homme de notre monde européen, en consacrant quelque temps à l'étude de l'Esperanto, sont tellement petits, et les résultats qui peuvent en découler tellement immenses, qu'on ne peut pas se refuser à faire cet essai. »

L'Esperanto a fait silencieusement de grands progrès ; journellement il permet à des hommes de toute condition de correspondre entre eux. En maintes circonstances il a rendu possible la conversation entre des personnes de nationalités différentes, et il est actuellement connu de plusieurs dizaines de mille d'adeptes.

Des manuels ont été rédigés en une vingtaine de langues ; plus de cent trente ouvrages originaux ou traduits figurent dans la bibliothèque espérantiste. Enfin, deux journaux paraissent en cet idiome :

Lingvo internacia (abonnement : Fr. 5,75 par an, chez M. P. de Lengyel, imprimeur à Szegzard, Magyarorszag, Hongrie).

L'Esperantiste (abonnement : pour la France, 4 fr., chez M. René Lemaire, secrétaire de la Société pour la propagation de l'Esperanto, à Épernay).

On trouve également chez M. Lemaire les ouvrages suivants :

| | |
|---|---|
| Manuel complet (pour les Français). . | 1fr.50 |
| Ekzercaro. . . . . | 0fr.85 |
| Universala Vortaro . . . . . | 1fr.10 |
| Commentaire sur la Grammaire . . . | 2fr.25 (1) |

**La langue bleue ou Bolak,** du nom de l'auteur, M. Léon Bollack.

*Alphabet.* — Il ne comprend que dix-neuf lettres, d'un son invariable :

a, b, ɥ (h renversé, se prononce tche) ; d, e, f, g, i, k, l, m, n, o, p, r, s, t, u (ou), v.

Pas d'accent tonique.

*Grammaire.* — L'auteur décompose le langage en huit parties du discours, et se propose de les caractériser pour l'auditeur ou le lecteur, par leur aspect, c'est-à-dire par les propriétés physiques (longueur et forme) des termes correspondants. La lettre u ne figure pas dans les mots à l'état naturel ; à quelques exceptions près elle est réservée pour les modifications grammaticales qu'ils subissent à l'état formel.

Le discours se divise en deux catégories 1° les notions vagues ou motules ; 2° les notions précises ou granmots.

Les motules comprennent quatre classes : 1° les interjections ; 2° les mots-cadres (ce sont des conceptions générales : interrogation, supériorité, ressemblance, etc...) 3° les connectifs ; 4° les désignatifs.

Les granmots comprennent aussi quatre classes :

1° les noms et nombres ; 2° les verbes ; 3° les attributifs ; 4° les modificatifs (adverbes et gérondifs).

Voici comment les différentes classes sont caractérisées :

(1) Les deux premiers opuscules paraîtront en novembre, refondus, à la librairie Hachette.

1° Interjections. — Une voyelle ou la même voyelle répétée.

2° Les Mots - cadres. — Deux voyelles différentes ou mots finissant par u.

3° Les Connectifs. — Mots de deux lettres contenant les voyelles i ou o, ou mots de trois lettres finissant par les mêmes voyelles.

4° Les Désignatifs. — Mots de deux lettres contenant les voyelles a ou e, ou mots de trois lettres finissant par les mêmes voyelles.

5° Les Noms et Nombres. — Syllabe close avec consonne finale autre que ɥ et d.

6° Les Verbes. — Mots d'au moins deux syllabes, commençant par une consonne et finissant par les voyelles a, e, i, o.

7° Les Attributifs. — Mots d'au moins deux syllables, commençant par une consonne quelconque et finissant par d.

8° Les Modificatifs. — Mots commençant par une consonne quelconque et finissant par ɥ.

Les états formels des mots se déduisent de l'état naturel de chacun d'eux par des modifications diverses ; la plupart d'entre elles s'obtiennent par l'emploi de la voyelle outil u ; certaines résultent de l'application de la règle de la marguerite : en préfixant à un nom, un verbe, un attributif ou un modificatif les voyelles a, e, i ou bien o, on modifie l'intensité de l'idée exprimée (pas du tout, un peu, beaucoup, passionnément) Ex. : lov, amour ; alov, penchant, elov, passion ; ilov, idolâtre.

Voici les autres modifications formelles : dans les noms et nombres ; 1° tout mot commençant par u est féminin ; 2° tout mot finissant par u est pluriel ; 3° tout mot contenant la lettre u au milieu du mot est un mot composé.

Dans les verbes : 1° tout mot commençant par u est à un temps antérieur ; 2° tout mot contenant la lettre u comme avant-dernière lettre est au passif ; 5° tout mot commençant par l'une des voyelles i, o, e, a est soit à un temps éternel (les trois temps réunis) soit au présent, soit au passé, soit au futur. Dans les attributifs et les modificatifs, tout mot commençant par u est à l'état de comparaison d'égalité.

L'auteur de la langue bleue attache la plus grande importance à la distinction matérielle obtenue d'abord entre les diverses classes de mots, puis entre les divers états formels d'un même mot par « l'aspect » que leur donnent les règles précédentes.

Il considère aussi comme essentiel que la construction des phrases soit absolument rigide. L'ordre immuable des termes est le suivant : sujet, verbe, objet, compléments indirects.

*Lexique.* — Les verbes, les attributifs et modificatifs sont dérivés des noms ou nombres au moyen de certaines terminaisons. L'emploi de mots composés reliés par la voyelle u, permet également de réduire le nombre des vocables à définir. Cette réduction pourrait être beaucoup plus forte par l'usage systématique de suffixes, une trentaine environ, qui servent à modifier l'idée exprimée par les mots auxquels ils sont ajoutés. Par exemple « or » est la désinence qui indique « l'acteur » ; de « spik », la parole ; de « spil », le jeu ; on formera les termes « spikor », l'orateur ; « spilor », le joueur. Mais ces mots, dont la constitution même sert de moyen mnémonique, sont doublés de termes de signification identique et de forme indépendante. L'auteur pense éviter ainsi à l'esprit le « travail considérable de décomposition et de recomposition de toutes notions. »

Les mots des diverses parties du discours ont une « structure », un « aspect » définis par les règles de la grammaire. Dès lors, le nombre des formes possibles pour tous les termes du lexique étant limité, quoique fort grand, rien n'empêche d'en dresser le tableau « sans connaître aucun des sens attribués aux fantômes de mots hypothétiquement créés. » C'est là, d'après l'auteur, la plus grande originalité de la constitution du vocabulaire.

Le nombre restreint des lettres de l'alphabet, l'exclusion de la voyelle u des mots à l'état formel, enfin la contexture imposée à ces derniers ne permettraient évidemment pas d'utiliser avec avantage, pour le choix des termes de la langue bleue, le principe du degré maximum d'internationalité. Ainsi « télégraphe » doit s'exprimer au moyen d'une syllabe close, avec consonne finale autre que q et d. Il sera traduit par « tlaf ». L'auteur pense d'ailleurs que l'attribution des sens à donner à chacun des vocables est une considération absolument secondaire. « Les mots sont indifférents en eux-mêmes, ils sont les signes conventionnels de nos pensées ».

Ainsi, des formes, possibles à priori, que peut revêtir l'expression d'une idée, aucune ne s'impose d'elle-même ; le choix en est arbitraire. L'auteur s'est laissé guider dans son travail par les souvenirs qu'évoquaient en lui les sonorités de la forme qu'il voulait «vivifier». Si elles lui rappelaient un terme d'une langue vivante, il en adoptait la signification.

Je donne ci-dessous à titre d'exemple, une liste de termes du vocabulaire, à l'état naturel :

Heureux (état : bonheur), flis ; heureux (état : chance), vonp , heurter (action de), knaks ; hiatus, tvilt ; hibou, skobs ; hideux

(état), skank ; hier, geq ; hiérarchie, trafg ; hiéroglyphe, klipv ; high-life, ligl ; hilarité ; klaf ; hinterland, srik ; hippodrome, smovr ; hippopotame, pnit ; hirondelle, sfalb ; histoire (science), tal ; histoire (récit), nist ; histoire (récit mensonger), mlarck ; histoire naturelle, plin ; hiver, vern ; hivernage, snemv ; hobereau, slegl.

La langue bleue a été récemment achevée. Sa théorie est exposée dans les ouvrages suivants, en vente chez l'auteur, 47, avenue Malakoff, Paris :

| | |
|---|---|
| Théorie complète . . . | 10fr. |
| Grammaire abrégée . . . | 1fr.25 |
| Méthode et vocabulaire . . | 5fr. |
| Résumé théorique . . . | 2fr.50 |

Spokil. — Depuis la rédaction de cet article, j'ai pris connaissance du Spokil, langue philosophique imaginée par M. le docteur Nicolas. L'auteur s'est proposé de donner par les mots non pas des définitions des choses, mais des propriétés caractéristiques. Dans ce but, il attribue aux voyelles et aux consonnes des sens d'une portée très générale, et précise ensuite la signification des combinaisons formées par ces lettres, de même qu'en chimie les corps sont désignés par les assemblages de lettres qui représentent leurs éléments constitutifs. Les radicaux ainsi formés n'ont évidemment aucun rapport avec ceux usités dans nos langues.

Je regrette de ne pouvoir donner en Spokil la traduction du texte français reproduit ci-dessous.

*Textes en langues artificielles.* — Pour terminer cet exposé succinct, je reproduis un extrait d'une lettre de Madame de Sévigné à sa fille, avec les traductions en esperanto et en langue bleue.

### Texte français

Hier au soir, à Cosnes, nous allâmes dans un véritable enfer : ce sont des forges de Vulcain ; nous y trouvâmes huit ou dix cyclopes forgeant, non pas les armes d'Enée, mais des ancres pour les vaisseaux ; jamais vous n'avez vu redoubler des coups si justes, ni d'une si admirable cadence. Nous étions au milieu de quatre fourneaux ; de temps en temps ces démons venaient autour de nous, tout fondus de sueur, avec des visages pâles, des yeux farouches, des moustaches brutes, des cheveux longs et noirs : cette vue pourrait effrayer des gens moins polis que nous. Pour moi, je ne comprenais pas qu'on pût résister à nulle des volontés de ces Messieurs-là dans leur enfer. Enfin nous en sortîmes avec

une pluie de pièces de quatre sous dont notre bonne compagnie les rafraîchit pour faciliter notre sortie.

### Traduction esperantiste

Hieraŭ vespere, en Cosne, ni iris en veran inferon : ĝi estas forĝoj de Vulkano; ni tie trovis ok aŭ dek Ciklopojn forĝantajn, ne la armilojn de Eneo, sed ankrojn por ŝipoj ; vi neniam vidis refrapi per batoj tiel ĝustaj kaj de tiel admirinda kadenco. Ni estis en la mezo de kvar fornoj; de tempo al tempo (ou intertempe) tiuj demonoj venis ĉirkaŭ ni, tute fluidiĝantaj pro svito, kun palaj vizaĝoj, kruelaj, okuloj lipharoj krudaj, longaj kaj nigraj haroj : tiu ĉi vidaĵo povus timigi homojn malpli klerajn ol ni. Miaparte, mi ne komprenis ke oni provus kontraŭstari al milo da voloj de tiuj ĵi sinjoroj en ilia infero. Fine ni eliris dank'al pluvo de moneroj da kvar soldoj, per kiu nia bona kunularo refreŝigis ilin, por faciligi nian eliron.

### Traduction en langue bleue

Ne gove kreɥ to koon (Cosne) in an firn verad. Ye sero smitu Vilkaened (vulcanéemo.) Ne trove snoɥ, lok or dis Siklopu favrod noɥ Eneus gavlu bo navsu pro sifu. Ve umiro noly tlerki ane kolbu soɥ ksarned it soɥ bigraɥ skibled. Ne useri ino far stovlu. Aɥe dablu uvenki mleɥ il ne. (Be useri) isfetod ; (beutenki) ane birmu paled, aane nogu tverned, ane snortu prited, ane yivu trased it nered. Aɥ ramv uɥkane porigi gensu obemted ko ne. Ir me, me unarli ku sta kane skinti id mra ade vilu of afe Soru in bea firn. Ne skepe finy ar fti an plov di tsilbu of far felu rea nea konp bemted friskige ba plo fasli nea sart.

## Deuxième question : — Peut-on faire pratiquement adopter une langue auxiliaire internationale ?

Si nous admettons qu'il y a théoriquement une ou plusieurs langues pouvant jouer le rôle d'organe international, nous n'en devons pas moins reconnaître qu'il peut se passer un temps fort long avant que le monde se serve effectivement de ce moyen de communication. Les raisons, que l'échec du Volapuk nous fait déjà deviner, sont les suivantes : l'étude d'une langue, même facile, nécessitant un certain effort, on ne se décide généralement à s'imposer cette tâche que si l'on se croit certain de faire un travail utile, c'est-à-dire si l'on pense que l'idiome se répandra rapidement et que son succès est définitivement assuré. Or, d'une part, la

certitude d'un succès définitif ne peut provenir que d'une comparaison approfondie des langues internationales possibles, comparaison que presque personne ne se donne la peine de faire; d'autre part, on ne s'attend pas à une diffusion rapide de l'idiome choisi, à cause du scepticisme assez général qui accueille ces tentatives. Ainsi, la méfiance conseille l'inertie et la justifie par la suite. Bien plus, les propagandes hostiles se heurtent ; et l'on risquerait d'aboutir à cette situation à la fois comique et fâcheuse de plusieurs idiomes auxiliaires, de valeurs sans doute inégales, pourvus chacun dans le monde d'un domaine linguistique et se disputant indéfiniment la prédominance.

Quel moyen de résoudre ces difficultés? Il n'y en a qu'un, et fort simple, c'est que toutes les personnes intéressées à l'emploi d'une langue auxiliaire s'entendent pour en adopter une et lui donnent ainsi une telle autorité que son triomphe ne puisse faire le moindre doute. Quelles sont les personnes qui ont besoin d'un idiome international? Ce sont les voyageurs, les négociants, les hommes de science. Eh bien, que les cercles de touristes, les chambres de commerce, les sociétés savantes désignent quelques-uns de leurs membres pour les représenter dans une « Délégation pour l'adoption d'une langue auxiliaire internationale » ; et cette Délégation, vivante image des sociétés qui l'ont constituée, dispose de toute l'autorité nécessaire pour mener à bien la mission qui lui est confiée. Elle tracera le programme des conditions essentielles que doit remplir la langue auxiliaire pour jouer utilement son rôle. Puis, s'adressant au corps scientifique le plus éminent, à l'Association internationale des Académies, elle l'invitera respectueusement, dans les formes requises, à étudier le problème et à en indiquer la meilleure solution. Si l'Association craint de sortir de son rôle en accueillant cette requête, la Délégation élira un comité qui sera chargé de procéder lui-même au choix définitif (1).

Or, ce programme, qui est absolument logique, *est en voie d'exécution*. Plusieurs congrès et la Société philomathique de Paris ont, l'an dernier, nommé des délégués pour étudier la question d'une langue auxiliaire. Ces délégués, ont, le 17 janvier 1901, signé une « Déclaration » qui est reproduite ci-dessous et par laquelle ils adoptaient le plan qui vient d'être esquissé. Ils ont attiré sur leur

(1) Ce plan a été proposé dans une brochure publié en 1900 : Leau, Une langue universelle est-elle possible? (Paris, Gauthier-Villars)

M. Couturat a publié récemment une étude remarquable « Pour la langue internationale. » On peut se la procurer à la librairie Hachette.

projet l'attention d'un certain nombre de sociétés, et, en moins de trois mois, ils ont ainsi obtenu l'adhésion d'une vingtaine d'entre elles. On pourra juger de l'importance de ces Sociétés en lisant la liste qui termine cet article. A l'appel des délégués, dont plusieurs, ainsi que d'autres amis de notre idée, ont montré une activité infatigable, les préventions tombent, le scepticisme s'émousse. Que dis-je? C'est souvent par acclamation que les sociétés adhèrent au programme de la Délégation ; et nous, qui avions une confiance absolue dans le succès final, nous sommes surpris de la facilité avec laquelle s'étend notre action.

Une tentative hardie et qui a pleinement réussi, s'est récemment produite. Un vœu a été présenté à l'Académie des sciences de Paris afin de saisir l'Association internationale du problème qui nous préoccupe. Hâtivement formulé, il est parvenu trop tard au secrétariat pour que la question pût être *dès maintenant* utilement discutée. Or, à ce vœu, signé par un grand nombre d'autres notabilités du monde scientifique, se sont associés, *en quelques jours*, les membres de l'Institut dont les noms suivent :

MM. Appel, professeur à la Sorbonne.
D'Arsonval, professeur au collège de France.
Bonnier, professeur à la Sorbonne.
Cailletet.
Carnot, inspecteur des études à l'École des Mines.
Duclaut, directeur de l'Institut Pasteur.
Guignard, directeur de l'École supérieure de pharmacie.
Guyou, capitaine de frégate.
Haller, professeur à la Sorbonne.
Lannelongue, professeur à la Faculté de médecine.
Laussedat, directeur honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers.
Lavisse, professeur à la Sorbonne.
Léauté, professeur à l'École polytechnique.
Lemoine, professeur à l'École polytechnique.
Lévy, professeur au Collège de France.
Lippmann, professeur à la Sorbonne.
Lœvy, directeur de l'Observatoire.
Painlevé, professeur à l'École normale supérieure.
Perrier, directeur du Muséum.
Potier, professeur à l'École polytechnique.
Roux, sous-directeur de l'Institut Pasteur.
Sarrau, professeur à l'École normale supérieure.

MM. Adam, correspondant de l'Institut, recteur de l'Académie de Dijon.

Méray, correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Dijon.

Naville, associé étranger.

Le général Sébert a, dans la séance du 9 avril, attiré l'attention de ses confrères de l'Académie des sciences sur l'importance de cette manifestation et insisté sur les avantages de l'Esperanto.

Il est maintenant évident que la question d'une langue auxiliaire est sortie de la période du scepticisme souriant et des plaisanteries faciles. Lorsque des hommes d'une aussi haute autorité scientifique accueillent avec cette sympathie, malgré leur sage réserve à l'égard des nouveautés hasardeuses, une idée qui sera féconde mais qui, hier encore, était suspecte, c'est que cette idée est mûre pour les réalisations de la vie pratique.

Notre action, limitée d'abord aux sociétés françaises, va s'étendre à présent dans le monde civilisé tout entier. Nous espérons que toutes les sociétés savantes, auxquelles ce Bulletin s'adresse particulièrement, voudront bien s'intéresser à une entreprise dont le succès, aujourd'hui certain, aura les plus remarquables conséquences. Nous serons très heureux si elles veulent bien désigner des membres pour les représenter dans la Délégation; nous nous empresserons de nous mettre en rapport avec eux.

L'objet principal de la société philomathique a toujours été de maintenir unies les différentes branches de la science par la collaboration amicale d'hommes dont les travaux sont d'ordres différents. Il m'a semblé que l'idée d'une langue internationale qui servira aux physiciens comme aux naturalistes et aux mathématiciens devait tout naturellement être bien accueillie dans notre société et proposée aux lecteurs de Bulletin. Et notre société est en effet une des premières qui se soient associées au mouvement dont l'importance apparaît aujourd'hui à tous les yeux.

L. Leau,
délégué de la Société philomathique, secrétaire de la Délégation, 6, rue Vavin, Paris (6e)

Je crois devoir ajouter, en raison des frais qui nous incombent, que les souscriptions seront accueillies avec reconnaissance par le trésorier, M. Couturat, 7, rue Nicole, Paris (5e).

## Délégation pour l'adoption d'une langue auxiliaire internationale. — Déclaration.

Les soussignés, délégués par divers Congrès ou Sociétés pour étudier la question d'une Langue auxiliaire internationale, sont tombés d'accord sur les points suivants :

1° Il y a lieu de faire le choix et de répandre l'usage d'une Langue auxiliaire internationale, destinée, non pas à remplacer dans la vie individuelle de chaque peuple les idiomes nationaux, mais à servir aux relations écrites et orales entre personnes de langues maternelles différentes.

2° Une Langue auxiliaire internationale doit, pour remplir utilement son rôle, satisfaire aux conditions suivantes :

1re Condition. — Être capable de servir aux relations habituelles de la vie sociale, aux échanges commerciaux et aux rapports scientifiques et philosophiques;

2me Condition, — Être d'une acquisition aisée pour toute personne d'instruction élémentaire moyenne et spécialement pour les personnes de civilisation européenne;

3me Condition. — Ne pas être l'une des langues nationales.

3° Il convient d'organiser une Délégation générale représentant l'ensemble des personnes qui comprennent la nécessité ainsi que la possibilité d'une langue auxiliaire et sont intéressées à son emploi. Cette Délégation nommera un Comité composé de membres pouvant être réunis pendant un certain laps de temps.

Le rôle de ce Comité est fixé aux articles suivants.

4° Le choix de la Langue auxiliaire appartient d'abord à l'Association internationale des Académies, puis, en cas d'insuccès, au Comité prévu à l'article 3.

5° En conséquence, le comité aura pour première mission de faire présenter, dans les formes requises, à l'Association internationale des Académies, les vœux émis par les Sociétés et Congrès adhérents, et de l'inviter respectueusement à réaliser le projet d'une Langue auxiliaire.

6° Il appartiendra au Comité de créer une Société de propagande destinée à répandre l'usage de la Langue auxiliaire qui aura été choisie.

7° Les soussignés, actuellement délégués par divers Congrès et Sociétés, décident de faire des démarches auprès de toutes les Sociétés de savants, de commerçants et de touristes, pour obtenir leur adhésion au présent projet.

8° Seront admis à faire partie de la Délégation les représentants de Sociétés régulièrement constituées qui auront adhéré à la présente Déclaration.

### État de la Délégation au 17 avril 1901. — Sociétés et Délégués.

Académies des Sciences, Arts et Belles Lettres de Dijon. — M. Méray, correspondant de l'Institut.

Association des amateurs photographes du Touring-Club de France. — MM. Baillot ; Hubbard.

Chambre de Commerce de la Rochelle. — M. Meyer.

Chambre de Commerce de Dijon. — M. Jobard.

Club alpin français. — MM. Sauvage ; Vallot, directeur de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc.

Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. — MM. le Commandant Cugnin ; Laisant, répétiteur à l'Ecole polytechnique.

Congrès d'Histoire des sciences. — M. Lalande, docteur ès lettres.

Congrès international de l'enseignement technique. — M. Paris.

Congrès international de philosophie. — M. Couturat, docteur ès lettres.

Congrès international de Sociologie. — MM. Limousin ; de la Grasserie.

Institut des actuaires français. — MM. Guieysse ; Quiquet

Société belge des ingénieurs et des industriels. — M. le capitaine Lemaire.

Société d'assistance aux animaux. — M. Lépinay.

Société d'économie industrielle et commerciale. — M. Leseur.

Société des gens de science. — M. le Dr Foveau de Courmelles.

Société de Sociologie de Paris. — M. Lafargue, ancien préfet.

Société des 1 — M. le Dr Delineau

Société française de photographie. — MM. le colonel Fribourg ; Vidal.

Société française de physique. — MM. Dr Broca ; Dongier, docteur ès sciences.

Société philomathique de Paris — M. Leau, docteur ès sciences.
The Philadelphia commercial Museum. — M. le Dr Gustave Niederlein.
Touring-Club de France. — MM. Bourlet, docteur ès sciences ; Dr Briand; Gariel, de l'Académie de médecine; général Sébert, de l'Institut.
Union du Commerce et de l'Industrie de la Côte d'Or — M. Thiriet.
Union nationale des Sociétés photographiques de France. — MM. Brault; Bucquet; Cousin; Wallon.

Au moment de la correction des épreuves (juin), le nombre des Sociétés adhérentes a doublé. L'Académie d'Erfurt a donné son approbation aux deux premiers articles de la Déclaration.

---

# TESTARUM NOVARUM DIAGNOSES

auctor Jules MABILLE

## Syrnolopsis foai. J. Mab.

Testa minuta, imporforata, ovato-fusiformi, ventricosa; solidula, nitente, pallide luteola ac zonula angusta alba ad suturam decurrente, ornata ; striis longitudinatibus, solum sub lente valido, conspicuis, arcuatis, munita ; spira elata, apice obtuso, mamillato, albo ; anfractibus 8, primis minutis, convexis rapide, ceteris inflatis rigulariter,crescentibus.Ultimo majore ad basin paululum attenuato et rotundato, ad aperturam descendente. Apertura obliqua, ovata, ad basin obscure emarginata ; margine columellari provecto ; externo bene arcuato ; columella vix arcuata, lamina valida, peristoma non attingente munita ; lamella palatis unica, parum conspicua.

Alt. 5.— Diam. 2 millim. Lac Tanganika. = (*Coll. Muséum Paris*) Legit E. Foa.

## Assiminea quintana J. Mab.

Testa minuta, imperforata, solida, nitente, cornea, ad apicem rubescente, ac zona suturali, angusta albescente, ornata ; spira parum elata, acutiuscula ; anfractibus 5-6 convexiusculis, regulariter crescentibus ; ad suturam depresso planulatis; ultimo magno dimidiam partem altitudinis testæ vix æquante, turgidulo, antice haud descendente, ad basin paululum attenuato. Apertura obliqua, pyriformi ; peristomate incrassato ; margine columellari crasso, callo albo cum externo juncto, oblique incurvato; externo curvato, provecto.

Alt, 5. — Diam. 3 mill. Lac Tanganika. = (*Coll. Museum*) Legit E. Foa.

## Assiminea foai, J. Mab.

Testa imporforata, solida, nitente, e corneo-flavescente, zonaque suturali, angustissima, albida, et secunda pallide fulva, ornata ; spira pyramidali, elongata ; apice obtuso ; anfractibus 7-7 1/2 convexiusculis,regulariter crescentibus, sutura bene impressa junctis ;

ultimo magno, inflato, obscure angulato, vix dimidiam partem altitudinis æquante, ad basin attenuato ; apertura parum obliqua, angusta, ovata ; peristomate continuo, crassiusculo, margine columellari incurvato, callum album, angustum, munito, externo incurvato ad basin paululum effuso.

Alt. 5. — Diam. 3 mill. = Tanganika = (*Coll. Muséum Paris*). Legit E. Foa.

REYMONDIA FOAI, J. Mab.

Testa imperforata, solida, parum crassa, polita, nitente,e violaceo rubro, ac zona alba, suturali, ornata ; spira elata ; apice obtusulo ; anfractibus 7 regulariter et sensim crescentibus, convexiusculis ; sutura impressa separatis ; ultimo maximo, inflato, fere dimidiam partem altitudinis æquante, ad aperturam non descendente ; apertura obliqua, ovata, superne angustata, inferne ad basin columellæ obscure emarginata : peristomate continuo ; margine externo arcuato, vix incrassatulo, vix effuso ; columellari incrassato, sinuoso, cum externo callo rubescente juncto.

Alt. 11. — Diam. 5 mill. Tanganika (*Coll. Muséum Paris*). Legit E. Foa.

ACHATINA REDIVIVA, J. Mab.

Testa magna, late umbilicata, crassa, solida, ovoidea, parum nitente, sub epidermite luteola, decidua, albescente ; strigisque rufis, latis, undique strigata, striis longitudinalibus parum perspicius ; spira conico-elata ; apice obtuso ; anfractibus 7 primis convexo-dipressis, sensim et regulariter crescentibus, sutura lineari separatis ; ultimo maximo, turgidissimo, fere dimidiam partem altitudinis æquante, ad aperturam paululum descendente, versus suturam sat regulariter crispato ; apertura subrecta,ovato elongata, margine columellari incrassato, ad umbilicum revoluto ; externo longe arcuato ; columella crassa, torta, ad basin truncata.

Alt. 77-82. Diam. 58-67 mill. Ile de France,MM. Rang et Desjardins, 1831, in *Coll. Museum Paris*.

CLEMENTIA VATHELITI,, J. Mab.

Concha transverse oblongo-ovata, tenui sed solida, concentrice striato-plicata ; plicis versus apicem prominentioribus, irregularibus, umbonibus in 5/8 longitudinis sitis, paululum inflatis, oblique involutis ; marginibus dorsalibus declivibus ; antico bre-

viusculo, regulariter in ventralem, rotundatim abiente; postico duplo longiore, fere recto lineari, haud angulato ; lunula cordato-elongata, plana, vix impressa, area paululum profunda, lanceolata, striata, angulo obsoleto, limitata ; ligamento breviusculo, prominulo ; pagina interna alba undulata, quandoque obscure ferrugineo maculata ; impressionibus superficialibus; postica circulari, antica oblonga, majore ; sinu pallii lato, linguiformi, apice subacuto, medium longitudinis superante. Lamina cardinali angusta ; dentibus primariis in valva dextra 2 anticis approximatis, tertio paululum remoto, bifido ; in sinistra, antico minore, secundo prominente, crassiusculo, tertio approximato, laminiformi, ac fovea triangulari in utraque valva sub lunuta sita, munita.

Long. 68-77. — Alt. 65-72 mill. Le Japon, abbé Vathelet Legit. (*Coll. Muséum Paris*).

### Corbicula Foai, J. Mab.

Concha ovato-trigonula, parum solida subæquilaterali, rubescente; lamellis parum elevatis, æquidistantibus, concentrice munita ac radiis saturatioribus ornata ; umbonibus obtusis, parum prominentibus, decorticatis ; ligamento brevissimo ; dentibus primariis in utroque valva, duobus, divergentibus, fissis ; lamellis valde elongatis, regulariter crenatis.

Long. 10 1/2. — Alt. 9. crassit 6 mill. Tanganika. Legit E. Foa. (*Coll. Muséum Paris*).

### Burtonia Foai, J. Mab.

Concha elongato-elliptica, tenera, subdiaphana, subfragili, nitente; colore rubella versus apicem saturatiore eleganter tincta, ac epidermide decidua rufo virescente, partim induta ; concentrice striata, striis parum prominentibus æquidistantibus ; sulcisque, parum conspicuis, e natibus oriundis, ornata ; natibus minusculis, ad quintam partem longitudinis fere positis ; margine dorsali antico brevissimo, declivi, arcuato, angulo obtuso cum margine inferiori juncto ; postico longissimo, paululum descendente, concaviusculo; margine inferiori curvato ; rostro elongato truncato; ligamento angusto, tenero, parum prominente.

Long. 66. — Alt. 24 mill. Tangpnika. Legit E. Foa. (*Coll. Muséum Paris*).

# L'INTESTIN VALVULAIRE DE LA CHIMÈRE MONSTRUEUSE (*CHIMŒRA MONSTROSA* Linné)

par **M. Henri NEUVILLE**

En 1896, me trouvant à bord de la « *Princesse-Alice* », j'eus la bonne fortune de pouvoir étudier l'intestin valvulaire d'une *Chimœra monstrosa* Linné, prise dans la mer des Açores. L'exemplaire capturé était d'assez grande taille ($1^{m}10$ environ), et avait été ramené par un palancre d'un fond de $1692^{m}$. Son intestin fut ouvert pour l'examen de son contenu, celui-ci étant particulièrement intéressant, surtout en raison de la profondeur considérable à laquelle l'animal avait été pris. L'intestin ainsi ouvert, et séparé du corps, fut conservé dans une solution de Formaldéhyde à 4 %.

Certaines particularités présentées par cet intestin m'ayant frappé, je me proposai d'étudier, à la première occasion, sur un sujet entier, l'ensemble du tube digestif de cet intéressant Plagiostome; mais la rareté extrême de semblables matériaux ne m'ayant pas encore permis de faire cette étude, j'ai dû me borner à reprendre celle de la pièce dont je viens de parler.

Le résultat de mes remarques, pour incomplet qu'il soit, présente certains côtés intéressants qui me paraissent mériter d'être publiés.

L'intestin valvulaire de la Chimère a déjà donné lieu à plusieurs travaux. Je retiendrai seulement, ici, la mention qui en est faite dans un Mémoire de T. J. Parker relatif à la disposition de la valvule spirale dans le genre *Raia*. Cet important travail renferme de très intéressantes comparaisons entre les formes que présente la valvule spirale chez les Sélaciens, les Holocéphales et les Dipneustes. C'est seulement en faisant ces comparaisons que l'auteur traite de la valvule spirale de la Chimère, dont il donne un dessin et un diagramme.

Le sujet que j'ai étudié présente avec celui de Parker une différence qui, loin de pouvoir être opposée aux conclusions de cet auteur, vient au contraire à l'appui de ces conclusions, et rend plus frappante encore la ressemblance, incomplète il est vrai, que présente la valvule de la Chimère avec la valvule en volute des Requins à membrane nictitante. Nous trouvons en effet dans ce

sujet une véritable forme de passage entre la valvule spirale proprement dite et la valvule en volute, car ici la valvule est de ce dernier type dans sa première moitié, et du type en spirale dans la seconde.

T. J. Parker décrit en ces termes la valvule du sujet qu'il étudia : « Dans *Chimœra monstrosa*, j'ai trouvé une valvule ne formant que trois tours et demi, et remarquable par ce fait que la partie attachée (1) ne décrit pas une spirale régulière, mais, dans une partie de son cours, surtout pendant le premier tour, décrit une ligne légèrement sinueuse d'avant en arrière. En conséquence, le second compartiment de l'intestin était plus long, d'au moins une moitié, que la Bursa Entiana. » Un dessin ombré et un diagramme facilitent, dans le Mémoire de Parker, la compréhension de cette disposition. Je reproduis ici ces deux figures, en réduisant la première à ses traits. L'on comprendra bien, ainsi, l'importance du nouveau caractère que je vais avoir à décrire.

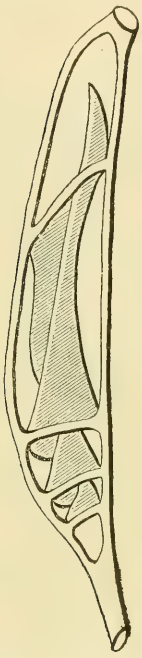


Fig. 1. — Intestin valvulaire de *Chimœra monstrosa* Linné, ouvert pour montrer la disposition de la valvule. D'après T. J Parker [1].

Fig. 2. — Diagramme de la valvule. (D'après le même auteur).

L'intestin que j'ai étudié présente en effet une dissemblance sensible, quant à sa valvule, avec celui qui est décrit par Parker, cette valvule ne présentant pas le tour antérieur figuré par celui-ci. Elle est donc d'une simplicité encore plus grande par rapport à celle de la plupart des Sélaciens. Les dimensions et les détails de cet intestin et de sa valvule spirale sont indiqués par les figures 3 et 4, dont la première est due à l'habile crayon de M. Charles Richard. La seconde de ces figures représente spécialement, par une combinaison de lignes pointillées, la trace, le contour, et le bord libre de la valvule.

(1) C'est-à-dire la ligne d'insertion de la valvule sur la face interne de l'intestin.

L'épaisseur de celle-ci est très considérable, notamment dans sa partie antérieure, où elle est beaucoup plus épaisse que ne le sont les parois de l'intestin.

Les papilles de la muqueuse des parois intestinales se retrouvent exactement sur la valvule, et conservent, dans chaque région, leurs caractères propres. Ces papilles se répartissent en effet, suivant leur apparence, en trois groupes absolument distincts. Celles de la région antérieure se présentent sous forme de petits filaments dont la longueur est d'environ 2-3$^{mm}$, et le diamètre de 1/4 ou 1/5 de millimètre. Cette disposition affecte toute la première moitié de l'intestin. Ensuite vient une zone où les papilles sont lamellaires, et reproduisent d'une manière extrêmement atténuée la disposition des replis du *feuillet* des Ruminants ; ceci est surtout bien visible sur une coupe. Enfin, dans la région postérieure, notamment là où s'insère le dernier repli valvulaire, la muqueuse présente des papilles courtes et grosses, très rapprochées, simulant une sorte de pavage; quelques-unes de ces papilles se trouvent aussi dans la région moyenne. Au niveau du rectum, où cesse la valvule, les papilles font place à des sortes de cannelures longitudinales représentées sur la figure 3.

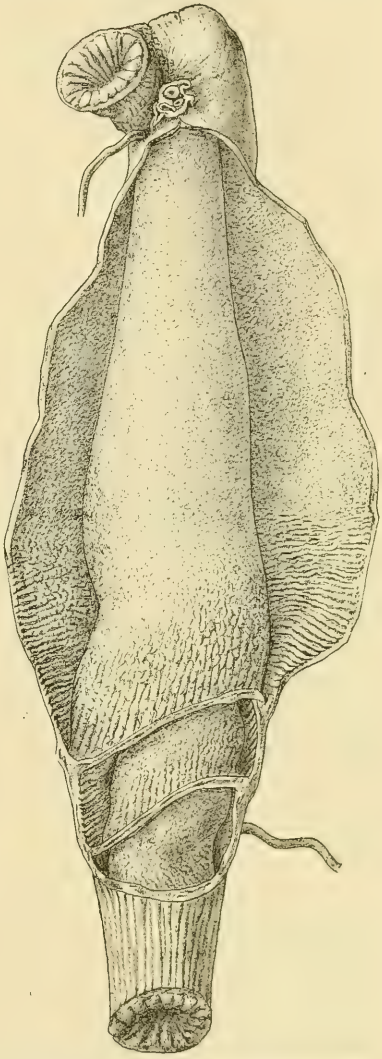


Fig. 3. — *Chimœra monstrosa* Linné. Intestin valvulaire (2/3 gr. nat.).

On remarquera donc que, dans chaque région de l'intestin valvulaire, les papilles de la valvule affectent exactement la même forme que celles de la partie adjacente de l'intestin.

Comme le représente la figure 4, la valvule s'insère à la partie tout à fait initiale de l'intestin, immédiatement après le débouché du tube pylorique. Elle se présente, en cette région, sous forme d'un gros bourrelet rond, d'environ 1 centimètre de diamètre, attaché à la paroi intestinale par une courte partie amincie. Ce bourrelet, en suivant son trajet, ne tarde pas à prendre la forme d'une lame épaisse, de plus en plus ample, présentant bientôt, par suite du développement de cette amplitude, une incurvation l'enroulant en une sorte de cornet. Pendant ce temps, la ligne d'insertion de la valvule, après s'être dirigée d'avant en arrière suivant une ligne presque droite, décrit elle-même un premier tour de spire sur la paroi intestinale, puis un second; ce processus aboutit à la formation de trois cornets valvulaires, emboîtés les uns dans les autres, et dont la grandeur décroît du premier au troisième.

Cette disposition, difficile à décrire et à figurer dans l'espace, ne peut pas non plus se représenter par développement de la valvule spirale, celle-ci réalisant une surface dont je n'entreprendrai pas de déterminer la nature géométrique, mais qui, en tout cas, ne paraît pas développable. Je me suis efforcé de représenter (fig. 4) la disposition de la valvule à l'intérieur de l'intestin, au moyen d'une combinaison de pointillés différents. Cette combinaison permet de construire facilement la trace de cette valvule sur un plan, en un point quelconque de l'intestin.

Dans la plus grande partie de son trajet, la valvule se présente sous forme d'une lame simple, épaisse, mais dépourvue du renflement énorme qui s'observe, dans sa partie initiale, sur son bord libre.

### Vascularisation de l'intestin valvulaire

A sa partie antérieure, dans une sorte de cupule creusée à sa jonction avec le tube pylorique, l'intestin reçoit le canal cholédoque, le canal pancréatique, et un faisceau de vaisseaux sanguins. Ceux-ci sont accolés au canal cholédoque, près du point où il joint l'intestin, et peuvent se décomposer en deux groupes (4 et 5, fig. 4), composés chacun d'une artère et d'une veine. L'un de ces groupes (5) se ramifie dans les parois intestinales adjacentes; cette ramification au niveau des points où débouchent les canaux cholédoque et pancréatique permet de donner à ces vaisseaux, par analogie, le nom d'artère et de veine duodénales.

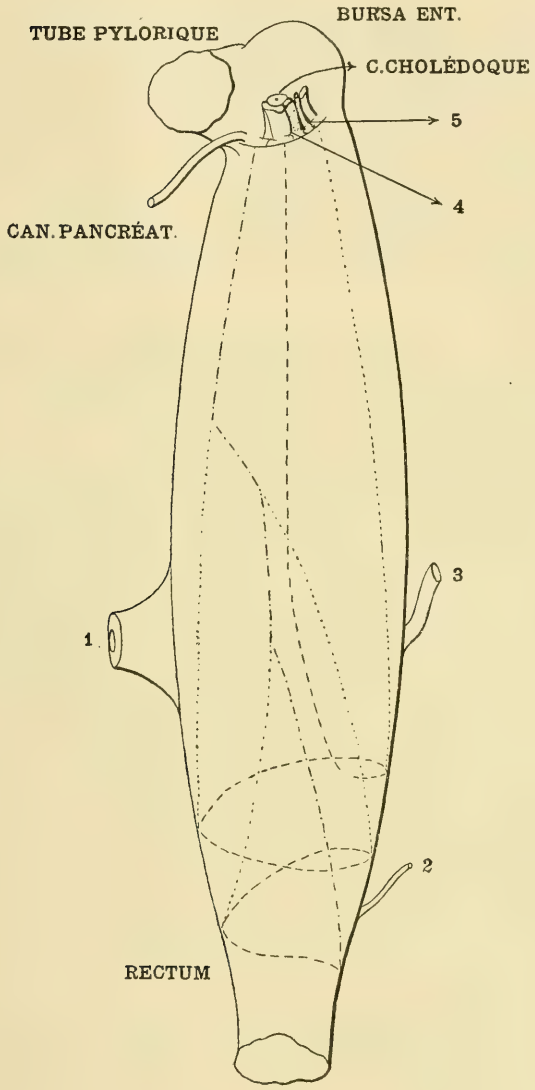



Fig. 4. — *Chimœra monstrosa* Linné. Intestin valvulaire (Diagramme de la valvule).

Légende :

1, veine intestinale-dorsale ?
2 et 3. artère et veine intestinales-ventrales ?
4, artère et veine intra-intestinales.
5, artère et veine duodénales.
·—·—·—·— bord libre de la valvule.
..... contours de la valvule.
- - - - - - - - - insertion de la valvule sur la paroi intestinale.

Quant à l'autre groupe (4), formé de vaisseaux plus importants, il répond exactement à l'artère et à la veine intra-intestinales des Sélaciens. Ces vaisseaux suivent en effet le bord libre de la valvule, mais les ramifications veineuses ne m'ont pas paru former un tissu caverneux aussi net que chez ceux-ci, et la veine intra-intestinale ne se dédouble pas ici comme chez la plupart des Sélaciens pour former deux veines satellites de l'artère du même ordre. Le calibre des vaisseaux intra-intestinaux décroît assez rapidement, et leur diamètre est très faible au niveau des tours décrits par la valvule spirale.

D'autre part, les parois de l'intestin reçoivent encore trois vaisseaux, dont l'un surtout (1, fig. 4) est particulièrement intéressant. Celui-ci est une veine, logée dans une gaîne épaisse, d'apparence compacte sur la pièce que j'ai entre les mains.

Cette veine joint l'intestin un peu au-dessous de son milieu, en dehors de la ligne d'insertion de la valvule spirale, et se ramifie dans les parois intestinales. Elle paraît assez analogue à la veine intestinale-dorsale des Sélaciens. La structure de ses parois, si elle pouvait être étudiée dans de bonnes conditions, fournirait des comparaisons intéressantes avec la structure si particulière des parois de la veine intestinale-dorsale de certains Sélaciens. J'ai décrit (v. Index bibliographique), un tissu riche en veinules, entourant la veine intestinale-dorsale chez l'*Acanthias vulgaris*, et lui formant une gaîne de vasa vasorum entremêlés de paquets de fibres musculaires serpentiformes. Cet ensemble, dont l'aspect est très particulier, ne peut être mis en évidence que sur des préparations finement injectés. Il serait très intéressant de le retrouver dans l'ordre des Holocéphales, auquel appartient la Chimère. Je dois encore mentionner que, chez celle-ci, la gaîne dont je parle ne formait pas un cercle complet autour de la veine, mais l'entourait seulement d'une sorte de croissant, laissant à découvert tout un côté du vaisseau.

Du côté opposé à celui où se trouve cette veine, l'intestin reçoit une artère (2) et une veine (3) qui se ramifient l'une et l'autre dans les parois intestinales, et, comme le vaisseau précédent, joignent l'intestin en dehors de la ligne suivant laquelle s'insère la valvule spirale. Sont-ce les homologues de l'artère et de la veine intestinales-ventrales des Sélaciens? C'est là un point que, seul, l'examen de sujets entiers et intacts permettrait d'approfondir.

Dans tous les cas, nous voyons ici trois systèmes de vaisseaux, dont l'un au moins est absolument analogue à l'un des systèmes

que l'on trouve chez les Sélaciens (système intra-intestinal). En ce qui concerne les Holocéphales, PARKER [2] avait du reste déjà observé la veine intra-intestinale chez le *Callorhynchus antarcticus*.

Si j'ajoute à cette description que l'intestin valvulaire, dépourvu de mésentère, rappelle à ce point de vue celui des Cyclostomes, plus encore que celui des Sélaciens, on conviendra, je pense, d'attribuer aux vaisseaux que je viens de décrire brièvement, et qui sont ici les seuls, le rôle de voies absorbantes. Pas plus que chez la Lamproie, je ne vois ici ce que l'on pourrait considérer comme chylifères.

## CONCLUSIONS.

Dans le sujet étudié par PARKER, la plus grande partie du premier tour de la valvule était presque droite, de telle sorte que la portion de valvule comprise dans le second compartiment de l'intestin pouvait être assimilée à une valvule en volute (1). Dans le cas que je décris, l'assimilation avec une valvule en volute s'étend à une partie beaucoup plus grande de la valvule, par suite de la disparition totale du premier tour; ce qui fait que, dans les trois quarts de sa longueur, la valvule est du type *en volute*, et que dans le dernier quart seulement elle prend le type *en spirale*. Au lieu de quatre compartiments, ou étages, déterminés dans l'intestin par les sinuosités de la ligne d'insertion de la valvule, nous n'en avons ici que trois, ce qui permet de rapprocher davantage la valvule de la Chimère de celle des Requins à membrane nictitante. Bien que l'évolution de chacun de ces deux groupes se soit faite dans des sens fort différents, nous retrouvons ainsi entre eux une ressemblance qui, d'après ce que l'on peut savoir, est la réalisation d'une condition ancestrale, disparue dans les autres groupes.

Enfin, au point de vue de la vascularisation, nous trouvons encore, avec la Chimère, un type présentant une tendance à la réalisation de conditions primitives, rappelant par certains côtés les dispositions des Cyclostomes. Cette vascularisation paraît ici beaucoup moins compliquée qu'elle ne l'est généralement chez les Sélaciens, où sa complication ne fait, du reste, que suivre celle du tube digestif.

(1) « ... the first quarter-turn of the attached edge in Raja is hardly more curved than the homologous portion of the valve of *Zygœna*, while the greatest part of the first turn in *Chimœra* is almost straight, so that the portion of the valve enclosed in the second compartment in that genus is, practically, a scrool valve. ». Loc. cit.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

H. Neuville. — Contribution à l'étude de la vascularisation intestinale chez les Cyclostomes et les Sélaciens (*Annales des Sciences naturelles. Zoologie.* T. XIII, nos 1, 2-3; p. 1-116; 1901).

T. J. Parker.— (1) On the spiral valve in the genus *Raia.* (*Trans. zool. Soc. London.* Vol. XI, 1885; p. 49-61).

(2) On the Blood vessels of *Mustelus antarcticus.* A contribution to the Morphology of the vascular system in the Vertebrata. (*Phil. Trans. Roy. Soc. London.* Vol. 177. 1886 (1887); p. 685-732).

# NOTES SUR L'HABITAT ET LES MŒURS DE QUELQUES COLLEMBOLES (1)

par A. LÉCAILLON.

Les Collemboles sont encore aujourd'hui très mal connus. Ces petits Insectes ne tentent guère, en effet, les collectionneurs. Cependant ils sont intéressants, non seulement à cause de leur organisation si spéciale, mais encore par les particularités diverses qu'ils présentent au point de vue éthologique.

Sans vouloir décrire ici d'une manière détaillée tout ce qui a rapport au mode d'existence des espèces que j'ai eu l'occasion d'observer, je me propose de signaler, outre les localités dans lesquelles je les ai rencontrées, quelques faits relatifs à leurs mœurs, particulièrement aux conditions de milieu qu'elles recherchent, aux moyens qu'elles emploient pour se déplacer et fuir leurs ennemis, et aux circonstances dans lesquelles elles déposent leurs œufs. Ces renseignements, bien que très incomplets, pourront avoir quelque utilité pour les auteurs qui voudraient entreprendre un travail d'ensemble sur un groupe zoologique jusqu'alors trop négligé.

## *a.* Famille des Aphoruridées.

### 1° *Anurida maritima* Laboulb.

Nous avons, M. Henneguy et moi, recueilli cette espèce au Croisic pendant l'été 1899. Mais elle y avait été auparavant trouvée par M. Ferronnière et peut-être par d'autres naturalistes. Néanmoins, dans ses notes sur la faune du Croisic, M. A. Dollfus (2) ne la mentionne pas. Le fait est d'autant plus étonnant qu'elle s'y rencontre en quantité considérable. Pendant les mois d'août et septembre notamment, elle abonde sur tous les points de la côte où le fond est quelque peu boueux, circonstance qui lui permet de trouver facilement les débris organiques dont elle se nourrit. Elle est surtout abondante à Penbron où, en quelques points, elle recouvre

(1) La plupart des espèces auxquelles se rapportent ces notes ont été déterminées par M. le Dr J. Carl, assistant au Musée d'histoire naturelle de Genève. Je prie ce naturaliste de vouloir bien agréer mes remerciements empressés.

(2) Les plages du Croisic (Récoltes zoologiques). — *Feuille des jeunes naturalistes*; 18me année, 1887-88).

presque complètement le sol. On la rencontre aussi près de l'estacade (entre celle-ci et le quai) et en différents autres endroits.

Les individus sont généralement submergés à marée haute, mais découverts dès que les eaux ont un peu baissé. *En profondeur*, la zone qu'ils habitent est donc peu étendue. Quand ils sont découverts, ils restent sous les pierres ou se déplacent pour rechercher leur nourriture. Pendant leur submersion, ils paraissent rester accrochés aux varechs ou surtout logés sous les galets. Mais ils ne sont jamais mouillés par l'eau de mer. Quand ils sont tombés accidentellement dans des bassins isolés, ils flottent à la surface liquide et s'y rassemblent, en certains points, en petits groupes compacts. Il est alors facile de capturer ces groupes en entier, au moyen de flacons vides que l'on ouvre sous l'eau, tout près des points indiqués. Cette concentration des individus flottants paraît se produire non pas tant par le déplacement volontaire des animaux à la surface de l'eau, que par les phénomènes d'attraction qu'ils exercent les uns sur les autres en tant que corps légers flottants, et par l'action du vent qui s'exerce au niveau de l'eau. Ce fait de flottaison, dans les circonstances que je viens de rapporter, prouve que pendant leur submersion, des conditions mécaniques telles que la présence des pierres qui s'appliquent sur eux, l'existence d'anfractuosités dans ces pierres, et la fixation au substratum par l'intermédiaire des griffes, peuvent seules permettre aux individus de rester au fond de l'eau. Les bulles d'air maintenues mécaniquement aux mêmes endroits, ou même adhérentes au corps de l'animal, suffisent alors pour assurer la respiration.

La ponte des œufs a lieu pendant l'été. A Penbron, pendant les mois d'août et septembre, on peut en recueillir autant qu'on peut en désirer. On trouve en abondance, à cette époque, à la fois des œufs nouvellement pondus, des embryons à tous les âges, des individus venant de naître ou même déjà assez âgés, et des individus en train de pondre. Je rappellerai ici que, chez les Collemboles, une même femelle pond non pas une seule fois, mais à deux ou plusieurs reprises dans la même saison (1). Cette multiplicité d'embryons et d'individus d'âges divers s'explique donc, soit par le fait que toutes les femelles ne pondent pas à la même époque, soit par celui que chaque femelle pond à plusieurs reprises. Les deux causes paraissent d'ailleurs pouvoir être simultanément invoquées.

Les œufs sont déposés aux endroits mêmes habités par les indi-

(1) Recherches sur l'ovaire des Collemboles. — (*Arch. d'anat. microscop.*, t. IV, fasc. 4).

vidus, c'est-à-dire surtout sous les pierres ; ils adhèrent à la vase ou aux pierres elles-mêmes et sont agglomérés en amas assez volumineux, de couleur jaunâtre plus ou moins foncée. Leur forme est à peu près sphérique.

J'ai constaté aussi, pendant les mois d'août et septembre 1900, la présence d'*Anurida maritima* sur la côte qui borde la baie de St-Brieuc. Elle s'y tient dans les mêmes conditions qu'au Croisic, c'est-à-dire sur les fonds vaseux, de préférence sous les pierres. Ici comme au Croisic, et probablement ailleurs, l'espèce en question vit sur les fonds boueux périodiquement baignés par la mer, parce qu'elle y trouve une nourriture constamment renouvelée. Elle ne descend pas profondément parce que la nécessité de respirer (1) ne lui permet pas de rester trop longtemps submergée.

L'aire géographique sur laquelle est répandue *Anurida maritima* est très étendue. En France, cette espèce a été signalée au Tréport (Guérin-Mèneville) ; au Hâvre et à Arromanches (Laboulbène) ; à St-Malo ; à Roscoff ; à Wimereux (Giard) et sur toute la côte du Boulonnais (Moniez). D'après Laboulbène, elle habiterait surtout les fentes de rochers et se nourrirait de petits Mollusques. Suivant Moniez, elle se logerait surtout dans et entre les coquilles de Balanes.

D'après divers observateurs, la même espèce est également abondante sur les côtes de l'Amérique du nord. Suivant Claypole, les individus deviennent rares à la fin de l'été et meurent très probablement à cette époque sauf les jeunes de l'année, lesquels passent l'hiver et n'achèvent de se développer qu'au printemps suivant.

Enfin, *Anurida maritima* n'habite pas que le bord immédiat de la mer; elle peut remonter les rives des fleuves, sur une distance assez longue. J'ai observé le fait sur la petite rivière de Saint-Brieuc. M. Ferronnière l'a constaté, de son côté, sur la Loire, jusqu'à Nantes.

On sait que chez *Anurida maritima* l'appareil du saut est atrophié et ne peut servir à l'animal. On pourrait s'attendre à voir ce dernier doué de la propriété de courir vivement, ce qui, au point de vue de la rapidité de la locomotion et de la nécessité de fuir ses ennemis, ferait compensation. On constate au contraire qu'il ne se déplace que très lentement, et il est permis d'en conclure, qu'au contraire de ce qui a lieu dans beaucoup d'espèces, la fuite n'est pas utilisée, ici, comme moyen de défense.

(1) Au sujet des Arthropodes à respiration aérienne qui se laissent recouvrir par les eaux, voir le mémoire de F. Plateau publié dans le *Journal d'Anatomie et Physiologie*, t. 26, 1890.

2° *Aphorura neglecta* Schäffer.

J'ai recueilli cette espèce au Croisic pendant le mois de septembre ; elle vit avec *Anurida maritima*, et on rencontre, pêle-mêle, les individus des deux espèces. Elle marche également avec lenteur. Elle est, au Croisic, beaucoup moins commune qu'*Anurida maritima*.

3° *Anurophorus laricis* Nic.

Cette espèce, très commune, a été recueillie à Jouy (Aisne). Pendant tout l'été on peut la trouver, particulièrement sous les lambeaux d'écorce plus ou moins détachés du tronc des Poiriers. Elle se tient à une faible distance du sol, de manière à toujours trouver, dans la retraite où elle vit, une grande humidité. Les individus sont rassemblés, au même point, en nombre considérable, et pondent également à l'endroit qu'ils habitent. Par suite on rencontre, pendant l'été, un grand nombre de jeunes vivant à côté des adultes.

Les individus, privés également de la faculté de sauter, se meuvent avec lenteur, comme dans les deux espèces précédentes.

*b.* Famille des Poduridées.

*Achorutes sigillatus* Uzel.

Les exemplaires de cette espèce, que j'ai eus entre les mains, avaient été recueillis, par M. Henneguy, à Précy-sur-Oise (Oise), au mois de février. Ils se trouvaient placés sur l'eau contenue dans des tonneaux d'arrosage. J'ai constaté qu'ils n'étaient pas adultes, car ils ne possédaient que des organes génitaux peu avancés dans leur évolution. La ponte des œufs, dans cette espèce, n'a lieu probablement que pendant l'été, et les jeunes passent l'hiver à l'état très petit, pour ne devenir adultes que l'été suivant. Les individus flottant sur l'eau s'y déplacent lentement en nageant ; lorsqu'on les en retire pour les placer sur un corps solide, ils ne tardent pas à sauter rapidement pour se dérober à la vue. On doit considérer leur présence sur l'eau comme accidentelle et non comme une condition normale d'existence.

*c.* Famille des Entomobryidées.

1° *Isotoma viridis* Bourlet.

J'ai recueilli cette espèce à St.-Maurice (Seine), pendant l'été.

2° *Orchesella villosa* Lubbock.

Cette espèce est très commune à Jouy (Aisne). Je l'y ai trouvée en abondance depuis le mois de juin jusqu'au mois de septembre. Elle vit sur le sol, surtout dans les bois. Pendant l'été de l'année 1899, qui fut très sec, les individus étaient devenus rares dans les endroits qu'ils habitent ordinairement. Mais, en cherchant dans les détritus végétaux amoncelés dans le voisinage, et où l'humidité avait persisté, j'en trouvai des quantités considérables. Lorsqu'on dérange ces animaux, par exemple en remuant les débris où ils se tiennent, on les voit sauter avec vivacité plusieurs fois de suite, jusqu'à ce qu'ils se soient de nouveau dissimulés à la vue. Comme ils sont, en outre, d'une couleur grisâtre, peu voyante, très semblable à celle du sol où ils vivent, on ne peut pas facilement les capturer.

Les œufs sont pondus pendant l'été; l'examen de l'ovaire montre que chaque femelle pond à deux ou plusieurs reprises (j'ai rappelé plus haut que ce fait est général chez les Collemboles).

3° *Orchesella cincta* L.

J'ai recueilli cette espèce à Jouy (Aisne) pendant l'été 1900. Elle se trouvait dans les bois, sur le sol, parmi les broussailles.

4° *Orchesella cincta* var. *vaga* L.

Cette variété a été recueillie avec l'espèce précédente.

5° *Tomocerus vulgaris* Tullb.

Recueilli par M. Henneguy, pendant l'été, à Précy-sur-Oise (Oise).

6° *Tomocerus plumbeus* Tullb.

Recueilli à Jouy (Aisne), sur le sol, dans les bois, et dans les troncs d'arbres pourris. Il y est abondant pendant l'été.

Recueilli également, en hiver, à Saint-Maurice (Seine). Pendant l'hiver 1900-1901, il s'y trouvait en quantité innombrable, sous les feuilles qui jonchaient le sol. Ces individus n'avaient pas la taille des adultes et provenaient vraisemblablement d'œufs pondus pendant l'été.

7° *Entomobrya multifasciata* Tullb.

Cette espèce a été recueillie à Jouy pendant la saison d'été. Elle vit pêle-mêle avec *Orchesella cincta*.

8° *Entomobrya sp.* (?)

Je laisse un point d'interrogation au sujet de l'espèce dont il s'agit ici, pour les raisons que l'on va comprendre.

J'ai trouvé cette espèce, pendant les mois d'août et septembre 1900, sur les plages qui bordent la baie de Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). Elle abondait particulièrement à Sous-la-Tour (commune de Plérin), sur les plages de l'Anse à la Vierge et de la baie des Œillets, et sur la plage Saint-Laurent.

Pendant la marée basse, les individus se répandaient sur le fond sableux mis à découvert. Quand la mer remontait, ils reculaient peu à peu devant elle, en sautant vivement. A ce moment ils fourmillaient littéralement sur la plage, et les vêtements des personnes assises au bord de l'eau en étaient couverts.

Ces Insectes se répandaient ainsi sur les endroits occupés précédemment par les eaux, dans le but évident de rechercher leur nourriture. Mais, jamais ils ne se laissaient recouvrir comme le font au contraire *Anurida maritima* et *Aphorura neglecta*.

Les individus capturés du 15 août au 10 septembre étaient tous assez jeunes et loin encore de renfermer, dans leur ovaire, des œufs avancés dans leur développement. La ponte des œufs devait-elle avoir lieu à l'automne, ou au contraire ces individus provenaient-ils d'œufs pondus au printemps ou au commencement de l'été, c'est ce que je ne saurais dire.

Il importe de remarquer, au point de vue des mœurs de cette espèce, que les individus ne semblent pas rechercher l'obscurité, car ils se trouvaient sur la plage en plein jour et même en plein soleil.

D'après M. le Dr Karl Absolon, à qui j'ai montré les individus que j'avais recueillis, l'espèce en question serait *Entomobrya corticalis* Nic, var. *pallida* Schäffer. Cependant, d'après Nicolet, *Ent. corticalis* vit sous les écorces et saute peu volontiers. Il faudrait en conclure que les individus si nombreux, qui étaient sur les plages de la baie de Saint-Brieuc pendant l'été 1900, ne s'y trouvaient qu'*accidentellement*.

Cela n'est certes pas impossible, car on connaît, dans d'autres Collemboles, des cas analogues. Mais je n'ai aucune preuve pour affirmer qu'il en était ainsi dans la circonstance actuelle.

9° *Entomobrya lanuginosa* Nic.

J'ai trouvé cette espèce à Saint-Maurice (Seine), sous les écorces de Platane, pendant l'hiver 1900-1901. Les individus étaient loin

d'avoir atteint leur taille définitive et ne renfermaient, dans leur ovaire, que des œufs très peu avancés. Ils provenaient incontestablement d'œufs pondus l'été précédent et attendaient la belle saison suivante pour pondre à leur tour. Ils se tenaient groupés en masses assez considérables. Il est facile de les capturer, car ils ne font pas volontiers usage de la faculté qu'ils ont de pouvoir sauter.

10° *Sira nigromaculata* Lubb.

Cette espèce est très commune aux environs de Paris (St-Maurice) et à Paris même, sous les lambeaux d'écorce qui se détachent des Platanes. On peut la trouver à toute époque de l'année, mais à des degrés divers de développement suivant l'époque.

Les individus adultes se rencontrent seulement pendant l'été ; pendant cette saison on trouve des individus jeunes à côté des individus adultes. La maturité sexuelle des diverses femelles et la ponte des œufs sont donc réparties sur une période étendue. Les jeunes individus proviennent des œufs pondus dans la saison même et n'acquierront sans doute leur plein développement que dans l'été suivant.

Les individus vivent rassemblés en assez grand nombre sous les écorces. Quand on soulève celles-ci, ils ne sautent pas, mais fuient en courant et en cherchant à gagner les points les moins éclairés. Lorsqu'on les touche, ils se contentent presque toujours de courir et ne sautent pas volontiers, bien qu'ils jouissent pleinement, d'ailleurs, du pouvoir de le faire. Cette sorte de non usage du saut est évidemment en rapport avec le fait de se tenir habituellement sous les écorces, c'est-à-dire dans une situation où le saut n'est pas possible. La rapidité de la course est, dans ce cas, un meilleur moyen de défense contre les ennemis nombreux (Arachnides) qui habitent le voisinage.

11. *Templetonia nitida* Templ.

Cette espèce se trouve en abondance au Collège de France. Elle habite les toits, les gouttières, les rainures des fenêtres, le dessous des pots de fleurs qui sont posés sur les fenêtres, etc. On peut recueillir les individus pendant toute l'année. La ponte des œufs a lieu pendant l'été.

*d.* Famille des Smynthuridées.

*Papirius minutus* Fabr. var. *Couloni* Nic.

J'ai trouvé cette espèce en abondance à St-Maurice (Seine) pen-

dant tout l'hiver des années 1900-1901 et 1901-1902. Elle se tient sur le sol, sous les morceaux d'écorce détachés des arbres et tombés à terre, et sous les feuilles qui jonchent le sol et sont en décomposition. Cette situation suffit à lui assurer une certaine protection pendant les périodes neigeuses ou de gelées, et à la garantir contre ses ennemis. On trouve sous un même lambeau d'écorce ou sous la même feuille, soit des individus isolés, soit des groupes pouvant comprendre une dizaine d'individus.

Lorsqu'on soulève les lambeaux d'écorce ou les feuilles qu'ils habitent, les individus ne se sauvent pas ni ne sautent pas; ils demeurent immobiles, bien qu'ils se trouvent ainsi exposés à la lumière. Ils sont à peu près de même couleur que leur support, ce qui leur assure probablement une protection plus efficace que s'ils s'enfuyaient et trahissaient, par suite, leur présence. Si on vient à les toucher, ils sautent brusquement d'un endroit à un autre et restent alors, de nouveau, immobiles, sans sauter plusieurs fois de suite comme le font au contraire, fréquemment, d'autres espèces, telles que *Tomocerus plumbeus* ou *Orchesella villosa.*

Parmi les individus capturés pendant l'hiver on en trouve à tous les stades de maturité, y compris celui de la maturité complète. Cette espèce pond donc pendant l'hiver, contrairement à la plupart des espèces précédentes qui se reproduisent en été. Il y a également, pour chaque femelle, plusieurs pontes d'œufs séparées par des intervalles de repos. A chaque ponte le nombre d'œufs est peu considérable, environ de vingt à trente d'après ce que montre l'examen de l'ovaire.

Il existe une grande différence de taille entre les mâles et les femelles. Celles-ci, à mesure que le moment de la ponte approche, ont un abdomen de plus en plus volumineux. Cette hypertrophie est produite par l'accumulation des œufs dans l'ovaire. Les testicules deviennent au contraire beaucoup moins gros que les ovaires et le mâle, au moment de la maturité sexuelle, est un certain nombre de fois plus petit que la femelle prête à pondre.

On peut élever facilement cette espèce en captivité — comme la plupart des autres Collemboles, d'ailleurs. — Il suffit de la maintenir dans une atmosphère toujours saturée d'humidité et de mettre à sa disposition des morceaux d'écorce et des feuilles semblables à ceux dont elle vit quand elle est libre. Les œufs sont alors pondus sur ces feuilles et ces écorces. Ils sont déposés isolément et non agglomérés en masse comme dans *Anurida maritima.* Ils sont blancs, de forme sphérique, et excessivement petits. J'ai

particulièrement obtenu ces œufs au moyen d'individus capturés au commencement de décembre et qui ont pondu vers le 20 du même mois.

## Conclusion.

Les faits que je viens de signaler sont peu nombreux et se rapportent à un très petit nombre d'espèces. Pourtant on reconnaît assez nettement, d'après eux, quelques traits généraux paraissant s'appliquer à la plupart des formes du petit groupe des Collemboles.

1° Les individus recherchent l'humidité et l'obscurité. Ces deux conditions se trouvent d'ailleurs à peu près toujours atteintes en même temps. Dans les anfractuosités du sol ou des pierres, sous les feuilles, dans les broussailles, les Collemboles les y trouvent en effet simultanément. Il est manifeste que ces Insectes se sont adaptés en même temps à ces deux conditions de milieu. Cependant c'est surtout l'humidité qui leur est nécessaire et dont ils ne peuvent se passer pendant un temps bien long. Ce fait est dû à ce que l'humidité influe sur l'ensemble des phénomènes biologiques dont ils sont le siège, plus énergiquement que ne le fait la lumière. N'étant pas protégés contre la dessiccation, par suite précisément de leur habitude depuis longtemps acquise de vivre constamment dans des milieux presque saturés de vapeur d'eau, les individus périssent dès qu'ils ne rencontrent plus leur milieu habituel.

2° Les individus se défendent contre leurs ennemis par l'habitude de rechercher l'obscurité, et par la fuite pratiquée soit au moyen de la course, soit au moyen du saut. L'obscurité, à elle seule, ne les protège pas suffisamment, car si elle les dérobe à la vue des ennemis qui vivent à la lumière, elle les met dans le voisinage d'autres ennemis non moins dangereux. C'est ainsi que l'on trouve fréquemment, sous les écorces fréquentées par les Collemboles, de nombreux Arachnides. Aussi, peuvent-ils soit se sauver avec rapidité, soit sauter plus ou moins vivement et plus ou moins loin. La faculté de sauter n'est évidemment guère utilisable sous les écorces, les feuilles ou les autres objets. Aussi, certaines espèces n'en usent-elles pas volontiers, même quand elles sont momentanément en dehors des abris qui ordinairement les en empêchent. A moins qu'elles ne soient vivement tourmentées, elles préfèrent fuir en courant. Certaines espèces, amenées à la lumière, fuient en effet en courant et s'efforcent de retourner à l'obscurité. D'autres au contraire (*Papirius minutus*) restent immobiles, ce qui est encore un moyen de se dissimuler. Si on les tourmente directement, elles

sautent au lieu de courir. Dans la manière de sauter, il y a alors encore des différences entre les espèces. Ainsi, *Papirius minutus* ne saute *ordinairement* qu'une fois et reste immobile à l'endroit où il retombe, tandis que *Tomocerus plumbeus* et *Orchesella villosa* sautent plusieurs fois de suite. On ne peut dire laquelle de ces méthodes est supérieure ou inférieure à l'autre. Quand un individu ne saute qu'une fois et s'arrête subitement à l'endroit où il retombe, on perd très facilement sa trace. S'il saute au contraire plusieurs fois de suite, on le retrouve plus facilement, mais, d'un autre côté, la fréquence des sauts successifs ne permet pas de le capturer et l'entraîne plus loin de la portée de son ennemi. En réalité, diverses combinaisons sont possibles à ce point de vue, et il suffit, dans une forme donnée, que celle de ces combinaisons qui a été acquise, jointe aux autres causes protectrices des individus, soit suffisante pour permettre le maintien de l'espèce. Dans certains cas, même, les facultés locomotrices sont très réduites et ne jouent manifestement qu'un bien faible rôle dans la protection des individus (Aphoruridées).

3° La durée de la vie individuelle, chez les Collemboles, paraît être d'une année ou un peu plus, comme pour beaucoup d'autres Insectes. D'après l'observation de Claypole sur *Anurida maritima*, et d'après l'ensemble de mes observations sur diverses espèces, on peut distinguer deux périodes dans l'existence des individus. Dans une première période — la plus longue — le jeune passe lentement à l'état adulte. Dans la deuxième période — celle de la reproduction — les individus, devenus adultes, s'accouplent ; la femelle pond à plusieurs reprises, chaque ponte étant séparée de la précédente et de la suivante par un certain espace de temps. A chaque ponte, le nombre d'œufs est peu élevé, mais la multiplicité même des pontes constitue une compensation.

A la fin de la période de reproduction, tous les individus adultes meurent, tandis que les jeunes, seuls, continuent à représenter l'espèce.

# SUR DEUX TYPES DE DIPTÈRES FUCICOLES

## *Orygma luctuosa* (Meigen) *Cœlopa pilipes* (Haliday)

par **M. E. ROUBAUD**

L'abondance de ces Muscides sur plusieurs points du littoral de Roscoff, m'a permis de combler quelques lacunes de leur histoire et en particulier d'élucider la question de leurs métamorphoses.

*Orygma luctuosa.* — Commune partout, sur la côte, comme dans les îlots voisins, cette curieuse hélomyzine, vit dissimulée sous les galets, ou sous les amas humides de fucus et de laminaires abandonnés par les marées. Elle y trouve avec sa nourriture, un abri contre les vents, nécessité par l'extrême faiblesse de son vol.

La conformation extérieure de ce diptère ; son corps robuste, aplati ; sa tête large, à épistome lisse, arrondi, fuyant ; à face carénée pourvue de deux fossettes où peuvent s'abriter les antennes ; ses yeux petits, rejetés supérieurement ; ses joues larges, ses membres agiles, témoignent d'ailleurs d'une adaptation réelle, à cette existence toute spéciale.

Au développement de l'armure génitale mâle correspond, dans les deux sexes, celui de l'appareil reproducteur tout entier : c'est là tout ce qu'offre de particulier l'organisation interne.

*Appareil mâle.* — Les deux testicules, très apparents, ovoïdes, légèrement incurvés, de couleur brune à l'état frais, d'un beau rose, après macération dans l'alcool, s'effilent postérieurement en un canal sinueux d'abord de même couleur, puis transparent et blanchâtre, qui se jette avec son homologue dans la vésicule séminale.

Cet organe à parois minces, irrégulières, très volumineux à l'état d'extension, présente délimitées par deux étranglements deux sortes de poches accessoires. Dans cette vésicule aboutissent aussi, à côtés des conduits testiculaires, deux glandes annexes, en cordon sinueux, blanchâtre.

Le canal déférent, d'abord très large, fait suite à la vésicule séminale en se rétrécissant graduellement; puis il présente un renforcement musculeux triangulaire, garni d'une plaque chitineuse, et destiné sans doute à l'éjaculation, au delà duquel il se poursuit

plus grêle pour aboutir dans le pénis, volumineux. Ce dernier est protégé par l'armure génitale en forme de pince à branches convergentes, dont la dimension avait fait attribuer à l'insecte, par Doumerc, le qualificatif générique de Psalidomyia.

*Appareil femelle.* — Normal, il présente comme annexes du vagin deux petites glandes accessoires, ovoïdes, à long canal, et deux réceptacles séminaux globuleux, noirâtres, le droit à conduit excréteur plus court que celui de gauche. La bourse copulatrice est très développée.

L'accouplement s'effectue sur les goëmons. J'ai découvert, vers la fin de septembre, des larves de tout âge dans des amas anciens de laminaires et de fucus, dont la partie supérieure désséchée, formant croûte, cachait une bouillie brune, semi-liquide provenant de la destruction de l'appareil végétatif imprégné d'eau de mer.

C'est là, dans le voisinage immédiat des eaux marines, au milieu des talitres et d'autres édriophthalmes, que s'accomplissaient la ponte et les métamorphoses. La difficulté pour ces larves de trouver des algues, en état de décomposition suffisant, le goëmon étant d'ordinaire recueilli au fur et à mesure de son dépôt, explique leur localisation exclusive en certaines places fort restreintes, mais où leurs conditions d'existence se trouvaient réalisées.

*Description de la Larve.* — « Du type acéphalé, normal, à treize segments le céphalique compris. Allongée, parallèle, transparente; les stigmates postérieurs portés à l'extrémité distale, dorée, tronquée obliquement, de deux courts appendices bi-articulés, situés de part et d'autre, dans le prolongement du corps. »

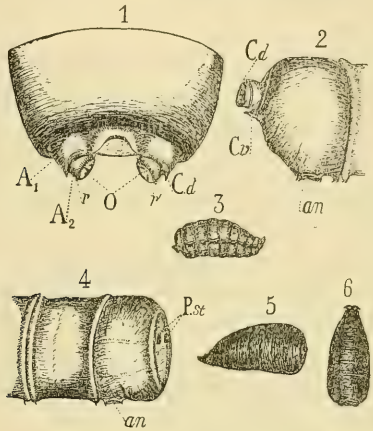
La transparence remarquable des téguments laisse apercevoir très nettement le système trachéen amphipneustique, tranchant sur le fond brunâtre de l'appareil digestif coloré par les matières alimentaires.

La tête petite, mais nette, présente à l'extrémité antérieure de ses deux lobes, arrondis, un appendice tactile très court. La face antérieure du segment céphalique est fortement oblique en arrière. Sa face ventrale présente, de chaque côté, des stries transversales parallèles, inégales, formées d'une série de petites papilles chitineuses noires, servant à la reptation.

Sur le deuxième segment, la dilatation terminale en éventail des deux troncs trachéens principaux présente treize digitations en massue. Le troisième segment laisse apercevoir la portion initiale, chitinisée, jaune doré, de ces deux troncs. Entre les deux, les lames noires normales, des crochets buccaux.

Les surfaces de reptation, à la face ventrale des anneaux à partir du cinquième, sont très accusées, elliptiques, noires.

Sur la face postéro-supérieure du segment anal, s'insèrent les deux appendices stigmatifères, déterminant une sorte de segment




Légende : 1, *Orygma Luctuosa*. Extrémité postérieure de la larve vue dorsalement : $A_1$, premier article de l'appareil stigmatifère ; $A_2$, dernier article de l'appareil stigmatifère ; C*d*, crête dorsale du premier article ; O, orifices stigmatiques : *r*, *r'*, rayons chitineux dorés. — 2, la même vue de profil : C*d*, crête dorsale ; C*v*, crête ventrale ; A*n*, anus. — 3, Pupe de *Orygma* L. — 4, Extrémité postérieure de la larve de *Coelopa pilipes* (profil) : P. S*t*, plateau stigmatifère ; A*n*, orifice anal. — 5 et 6, Pupes de *Coelopa pilipes*. De profil et de face.

supplémentaire bilobé (Fig. 1-2). Ces deux organes paraissent eux-mêmes formés de deux articles emboîtés ($A_1$ $A_2$). Le bord postéro-externe de l'article basilaire présente dorsalement une petite crête spiniforme (C*d*). Une autre crête, semblable, existe à la base même et au-dessous de ces appendices, formée par le bord postérieur du segment anal (C*v*).

Les orifices stigmatiques sont au nombre de trois, disposés en triangle à l'extrémité, oblique, de l'article terminal, et bordés de fins rayons chitineux, dorés, récurrents, très courts (*r r'*).

La transformation nymphale s'effectue sur place, dans les régions les moins humides des amas d'algues ; fréquemment on trouve les pupes dans les cavités des anciens flotteurs des fucus.

Ces pupes sont brunes, semblables aux larves, plus condensées. La période nymphale dure près d'un mois.

*Coelopa pilipes*. Ce type, représentant le plus répandu du genre, à Roscoff, est, comme le précédent, un diptère exclusivement fucicole. J'ai en effet découvert ses larves dans les mêmes conditions que celles d'Orygma.

La diagnose générale de la larve peut être résumée d'après les caractères suivants :

Forme condensée, conique tronquée postérieurement brusquement (Fig. 4).

Couleur uniformément blanchâtre, opaque. Surfaces ventrales de reptation indistinctes.

Stigmates postérieurs, au nombre de trois, de chaque côté, non portés à l'extrémité d'appendices, mais affleurant de part et d'autre de la face postérieure, entièrement lisse, du dernier segment.

La pupe est noire, lisse, globuleuse, l'extrémité antérieure en est amincie, aplatie, légèrement évasée tout en avant. La postérieure est arrondie, convexe, parfaitement unie (Fig. 5-6).

Enfin, je crois pouvoir penser que les conditions d'existence à l'état larvaire, encore mal précisées, en général, de la plupart des autres diptères du littoral, ne diffèrent pas sensiblement de celles des deux types que j'ai pu étudier.

---

# LES POISSONS A GIBBOSITÉ FRONTALE

par M. le Dr Jacques PELLEGRIN.

On rencontre parfois, principalement dans le groupe des Pharyngognathes, certains spécimens de Poissons, munis d'une bosse plus ou moins volumineuse qui commence en général au niveau des yeux et peut se prolonger sur la nuque jusqu'au premier rayon de la dorsale. Cette tumeur recouverte par des écailles est de consistance molle et paraît au premier abord constituée par du tissu adipeux. Sa forme et ses dimensions sont des plus variables, mais sa présence donne à la physionomie de l'individu qui en est porteur un aspect des plus bizarres qui ne manque pas de frapper l'observateur.

Nous nous proposons dans la première partie de ce travail d'étudier la structure et l'évolution de cette production spéciale ainsi que sa signification et la valeur physiologique qu'on peut lui attribuer. Ensuite nous passerons en revue les espèces où elle se rencontre en insistant particulièrement sur celles où elle se présente avec un maximum de fréquence, nous servant pour cela surtout des matériaux accumulés dans les riches collections ichtyologiques du Muséum d'histoire naturelle de Paris.

## Anatomie et physiologie de la gibbosité frontale.

Il est bon pour l'étude anatomique de la gibbosité frontale de prendre une espèce particulière. Le type choisi par nous est un Poisson perciforme de la famille des Cichlidés commun dans les eaux douces du Brésil le *Geophagus brasiliensis* Quoy et Gaimard. Dans cette espèce, en effet, cette production est très fréquente et en quelque sorte normale avec l'âge ; de plus les collections du Muséum renfermaient un grand nombre d'échantillons de ces animaux, formant une série des plus complètes depuis des jeunes spécimens de $0^m,05$ à $0^m,06$ jusqu'à des vieux sujets de $0^m,23$ à $0^m,24$ de longueur.

Nos recherches ont porté sur une soixantaine d'individus. Chez les jeunes de $0^m,05$ à $0^m,10$ nous avons constamment trouvé le profil fuyant, oblique, non relevé. Il existe à la partie supérieure du crâne une petite lame osseuse mince et tranchante, la crête occi-

pitale, mais elle est peu développée et la saillie qu'elle constitue ne s'élève que légèrement d'avant en arrière. De chaque côté de celle-ci se trouvent les muscles de la nuque encore graciles et qu'on distingue facilement à leur coloration brunâtre. On ne constate nulle part la présence de tissu adipeux. La forme de tous les spécimens est identique ; ils sont relativement allongés et la hauteur de leur corps est contenue 2 fois 1/2 environ dans la longueur sans la caudale.

A partir d'environ $0^m,10$ des différences commencent à apparaître. Chez certains individus le profil s'élève par suite du développement de la crête occipitale qui présente grossièrement la forme d'un triangle rectangle à angle droit postéro-inférieur et à hypothénuse progressivement croissante. La hauteur du corps de

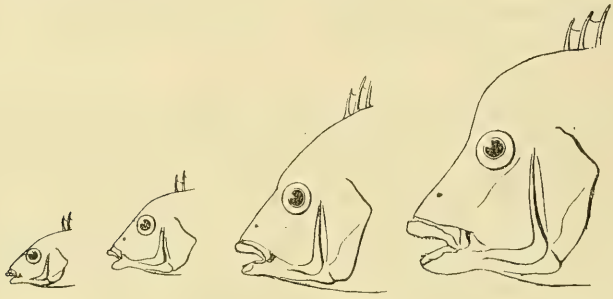


Fig. 1. — Tête de *Geophagus* de 47, 70, 130 et 190 mm.

l'animal est contenue 2 fois exceptionnellement 2 fois 1/4 dans la longueur. Avec Steindachner (1) nous considérons ces exemplaires comme des mâles, mais sans avoir pu vérifier directement le fait.

Chez d'autres, des femelles, la forme reste allongée et le profil fuyant comme chez les jeunes. La hauteur est comprise en général 2 fois 1/2 dans la longueur.

La gibbosité frontale commence à apparaître chez des individus d'environ $0^m,15$, sous forme d'une longue et étroite bande adipeuse reconnaissable à sa couleur jaunâtre et surmontant la crête occipitale. Cette bande débute vers le milieu de l'espace interorbitaire et se prolonge jusqu'au premier aiguillon de la dorsale. La gibbosité n'est habituellement un peu marquée que chez des individus d'au moins $0^m,15$, au corps ramasssé, mâles par conséquent. Nous

(1) Steindachner. Die Süsswasserfische des südlöstlichen Brasilien. — Sitz. Akad. Wissen. Wien. 70-1874, p. 511. Cet auteur donne deux bonnes figures, l'une d'une jeune femelle, l'autre d'un vieux mâle.

l'avons constatée parfois cependant chez des précoces de $0^m,13$ et de $0^m,14$.

A côté de ceux-ci d'autres individus, des femelles, de $0^m,14$ et même $0^m,16$ conservent une forme allongée et un profil peu élevé par suite du peu de développement de la crête osseuse médiane et l'absence de tissu adipeux.

Dans les exemplaires de plus de $0^m,20$ vus par nous la gibbosité frontale est fortement quoiqu'inégalement représentée. Nous avons dessiné un vieux spécimen du Brésil, portant l'étiquette manuscrite *Chromis gibbiceps* Valenciennes et atteignant $0^m,24$ de longueur

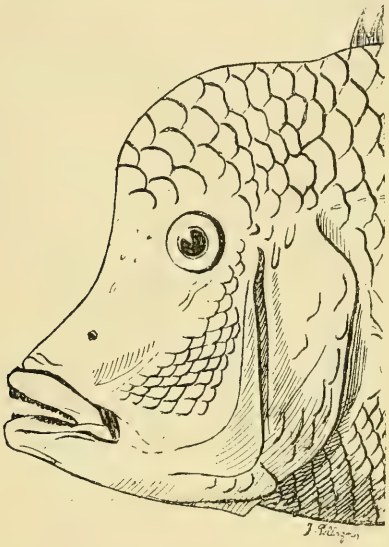


Fig. 2. — Tête de *Geophagus brasiliensis* Q. G.

totale. Un autre de même dimension, disséqué par nous, possédait une tumeur adipeuse volumineuse s'insérant sur une crête osseuse extrêmement élevée postérieurement et la débordant. A droite et à gauche se trouvaient les masses fort développées des muscles de la nuque de couleur plus foncée.

Un petit fragment de gibbosité frontale d'un *Geophagus* de $0^m,19$ s'est laissé imprégner par l'osmium et a pris la coloration noir foncé caractéristique du tissu adipeux. Nous nous proposons d'ailleurs d'étudier ultérieurement la structure histologique de ces amas graisseux.

En somme et en tenant compte des résultats fournis par les

autres groupes il semble rationnel d'admettre que la bosse frontale des Poissons est avant tout un caractère de maturité, de sénilité même. Dans les espèces où elle est fréquente, seuls les adultes en sont porteurs, dans celles où elle paraît plus exceptionnelle on la rencontre uniquement chez de très vieux spécimens atteignant de grandes dimensions. Son absence est une règle absolue chez les jeunes.

Il y a tout lieu, en outre, de se ranger à la manière de voir de Steindachner et des quelques ichtyologistes contemporains qui se sont incidemment occupés de la question et qui la considèrent aussi comme un caractère sexuel spécial au sexe mâle.

En résumé la gibbosité frontale ne doit pas être considérée comme une véritable anomalie, comme une production pathologique, mais dans certaines espèces comme un attribut physiologique d'âge et de sexe.

Quant à son rôle et à son utilité, il est très vraisemblable de penser que cette réserve adipeuse peut être employée en cas de disette par les animaux qui en sont porteurs et son inégal développement chez des individus de même taille doit tenir sans doute à la plus ou moins grande quantité de nourriture rencontrée. D'ailleurs, chez ces vieux individus, le développement étant à peu près complètement achevé, il n'est pas étonnant de voir que l'excès d'aliments absorbés se transforme en tissu adipeux. N'en est-il pas de même chez l'Homme et ne voyons-nous pas souvent vers l'âge mûr le grand épiploon se charger de graisse ?

## Espèces a gibbosité frontale.

C'est principalement chez les Acanthoptérygiens pharyngognathes, surtout dans la famille des Labridés et des Cichlidés que l'on rencontre le plus souvent des individus à protubérance frontale plus ou moins marquée, mais cette particularité n'est pas spéciale à ces groupes et on la trouve parfois chez d'autres Poissons Acanthoptérygiens.

Nous allons maintenant passer en revue les principaux genres chez lesquels cette production existe, en nous servant autant que possible des ressources offertes par les collections du Muséum. Il y a lieu de remarquer toutefois que dans un même genre ce caractère semble être habituel dans certaines espèces, exceptionnel et même toujours absent dans d'autres. Cependant, il ne faut pas perdre de vue l'imperfection relative des documents fournis par des collec-

tions qui, malgré leur richesse, renferment rarement des séries bien complètes, surtout en ce qui concerne les Poissons exotiques.

### Famille des Labridés.

Genre Semicossyphus. — Chez les spécimens âgés, il existe une gibbosité frontale très marquée. A propos du *Semicossyphus reticulatus* C. V. Günther (1) signale le développement avec l'âge d'une bosse adipeuse sur le front et la nuque. Le Muséum possède un spécimen du Japon dû à M. Soller à protubérance frontale très nette.

La même particularité se rencontre dans une espèce californienne *S. pulcher* Ayres. Günther la mentionne également et Jordan et Evermann (2) écrivent que le mâle a le front considérablement élevé et recouvert par un épais bourrelet de graisse. D'ailleurs, le nom de « *Fat heads* » donné à ces Poissons est bien caractéristique.

Genre Cossyphus. — Dans ce genre on rencontre aussi de vieux spécimens à bosse frontale. La tête est assez pointue chez le jeune

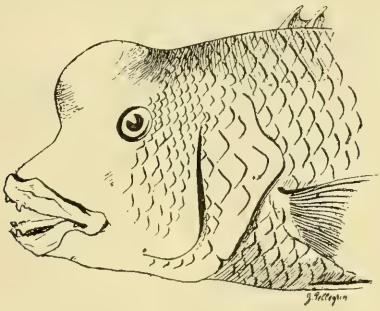


Fig. 3. — Tête de *Cossyphus diplotænia* Gill.

mais devient épaisse et convexe chez l'adulte par suite du développement de tissu adipeux sur le sommet de la tête.

Gill a décrit sous le nom de *Harpe diplotænia* la femelle et sous le nom de *Harpe pectoralis*, le mâle d'une espèce des côtes américaines intertropicales du Pacifique qui semble bien voisine du *Cossyphus rufus* Linné des Antilles. Voici ce que disent à son sujet Jordan et Evermann (3) : « Mâle : Forehead very gibbous in the adult ; a » large, rounded, fleshy pad on the forehead of the adult male, » overhanging the snout slightly, and about three times the width » of the eye in height.

(1) Günther. Cat. Fishes. Brit. Mus. IV, p. 99.

(2) Jordan et Evermann. Fishes North and Middle America. Bull. U. S. Mus. N° 47, II, p. 1585.

(3) Loc. cit., p. 1582.

» Female : Forehead scarcely gibbous in the adult... » Ainsi, d'après ces auteurs la gibbosité frontale est infiniment plus développée chez le mâle.

M. Léon Diguet, un des plus zélés voyageurs du Muséum, a envoyé il y a quelques années, du golfe de Californie à cet établissement, un spécimen qui semble devoir être rapporté à cette espèce et qui présente une bosse frontale très marquée ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur le dessin que nous en donnons. La longueur de l'individu est de $0^{m},44$ jusqu'au centre de la caudale.

Genre Coris. — La tumeur adipeuse de la tête se voit souvent dans le genre *Coris*, particulièrement dans l'espèce *Coris aygula* Lacépède, à laquelle il faut rapporter la Girelle à front bombé (*Julis gibbifrons*) de Quoy et Gaimard. Günther mentionne ce caractère déjà signalé par Cuvier et Valenciennes (1) qui s'expriment ainsi en parlant de ce Poisson : « Cette Girelle est très » remarquable par la protubérance qui saille sur la tête en arrière » des yeux et qui donne une physionomie toute particulière à ce » Poisson...

» Son squelette nous offre quelques particularités notables : » dans la crête mitoyenne du crâne qui soutient la bosse du front : » cette crête est relevée en avant sur deux petites lames en chevron » qui se portent sur les frontaux antérieurs et latéraux et ouvrent » ainsi la coulisse qui reçoit les branches montantes des inter- » maxillaires... »

D'après Cuvier et Valenciennes, Lacépède aurait voulu rendre l'idée de cette sorte de casque qui surmonte la tête du Poisson par le mot de *Coris*, dénomination qu'il attribua ensuite par défaut de mémoire à Commerson.

Un spécimen du Muséum provenant de Maurice, et dû à Lamarre-Piquot, possède une belle gibbosité frontale.

Genre Pseudoscarus. — Là aussi la protubérance frontale est fréquente chez les vieux sujets. « Les mers d'Amérique, disent » Cuvier et Valenciennes (2), à propos du *Scarus cæruleus*, produi- » sent des Scares où toute la partie du front qui est au-devant des » yeux est renflée par une substance graisseuse ou gélatineuse en » une sorte de bosse arrondie qui leur donne une physionomie » particulière... »

(1) Cuvier et Valenciennes, Histoire naturelle des Poissons. — XIII, p. 492.
(2) Loc. cit. XIV, p. 186.

Dans une espèce du golfe de Californie *Pseudoscarus perrico* décrite en 1881 par MM. Jordan et Gilbert, la bosse frontale est très développée. « Top of head with a large adipose hump ».

Le Muséum de Paris possède un beau spécimen monté dû à M. Léon Diguet. Sa longueur est de $0^m,79$. La proéminence frontale, a un diamètre de $0^m,28$ environ à la base ; sa hauteur est de $0^m,6$.

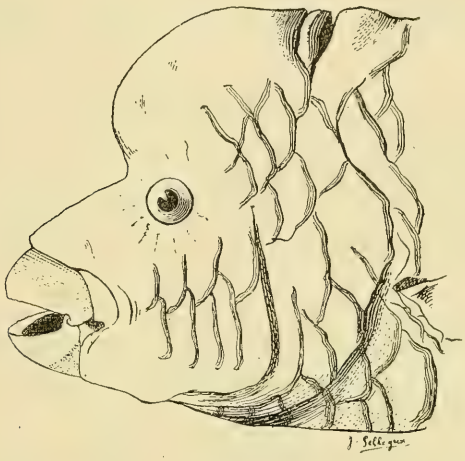


Fig. 4. — Tête de *Pseudoscarus perrico* J. et G

Les Pseudoscares des mers des Indes possèdent aussi parfois une bosse céphalique.

Cuvier et Valenciennes, au sujet du *Scarus muricatus* C. V., s'expriment ainsi : « MM. Kuhl et van Hasselt ont envoyé de Java » au musée royal des Pays-Bas un de ces grands Scares, long de » quarante pouces. Ils ont donné à l'espèce le nom de *gibbosus* » parce qu'elle a une proéminence au-dessus des yeux, moins » considérable cependant et surtout moins avancée que celle du » *Scarus cæruleus* ».

Sur la figure donnée par Cuvier et Valenciennes et sur celle de l'Atlas ichtyologique de Bleeker, on voit nettement cette gibbosité, mais elle n'est pas très accentuée.

Il faut mentionner aussi le *Scarus gibbus* Rüppel de la mer Rouge.

## Famille des Cichlidés.

Genre Steatocranus.— Ce genre africain tout récent, signalé par M. Boulenger (1), possède une crête ou renflement adipeux le long du vertex et de l'occiput. « Le bourrelet adipeux commence au » niveau du bord antérieur de l'œil et s'étend jusqu'à la nageoire » dorsale ».

L'espèce est fondée sur deux exemplaires de Matadi (Congo inférieur) ; le plus grand mesurait $0^m,07$. Depuis, M. Boulenger a pu examiner un individu de $0^m,08$ du Stanley-Pool. Si des animaux d'aussi petite taille présentent déjà ce caractère, l'espèce n'atteint jamais sans doute des proportions bien considérables, car on ne le rencontre que chez les adultes ou les sujets âgés.

Genre Paratilapia.— Dans la figure donnée par M. Boulenger (2) de son *Paratilapia Demesuii*, l'animal représenté possède une proéminence frontale. « Le chanfrein et l'occiput forment une bosse très marquée, dit-il. »

Genre Lamprologus. — Dans le genre africain *Lamprologus*, qui comprend maintenant, grâce à M. Boulenger, de nombreuses espèces, la gibbosité ne doit pas être rare. Dans le *Lamprologus tumbanus* Blgr. « l'occiput est un peu renflé. »

Genre Geophagus.— C'est dans l'espèce *Geophagus brasiliensis* Q.G. que nous avons étudié la proéminence frontale. Elle s'y rencontre, en effet, avec son maximum de fréquence et est en quelque sorte normale chez les adultes mâles bien que son développement soit sujet à de grandes inégalités. Nous n'insisterons pas toutefois sur cette intéressante espèce, renvoyant au début de ce travail.

Nous avons constaté la proéminence frontale dans plusieurs espèces du genre *Geophagus* ; par exemple, dans le *G. gymnogenys* Hensel, espèce d'ailleurs si voisine de *G. brasiliensis* Q. G. que plusieurs auteurs hésitent à la séparer.

Parmi les quatre exemplaires de *G. crassilabris* Steindachner possédés par le Muséum, et rapportés de l'isthme de Panama par M. Le Cornec se trouve un individu porteur d'une bosse de forme pyramidale encore plus accentuée que celle indiquée par Steindaner (3) dans la figure qui accompagne la description de cette espèce.

(1) Boulenger. Ann. Mus. Congo, Zool. I, p. 52 (1899).

(2) Boulenger, Loc. cit. p. 120, fig. 3, pl. XLV (1899).

(3) Steindachner, Ichthyologische Beiträge (V). Sitz. Akad. Wissen. Wien. 74-1876, p. 65, fig. VII.

Cependant, parmi un bon nombre de spécimens de *G. surinamensis* Bl. espèce en somme peu éloignée de *G. brasiliensis* Q. G., nous n'avons jamais constaté la présence de gibbosité. Sans doute il ne faudrait pas conclure à l'absence absolue de cette particularité dans cette espèce, mais il est bon de signaler que chez des animaux assez voisins, sa fréquence est des plus variables.

Genre Heros. — Günther (1) mentionne dans deux espèces du Guatemala *H. margaritifer* et *H. melanurus* une gibbosité notable. « There is a fleshy hump on the nape of the neck, wich is probably » a character of mature age. »

## Famille des Percidés.

Genre Dentex. — La bosse frontale ne se rencontre pas uniquement dans le groupe des Pharyngognathes ; elle existe aussi parfois

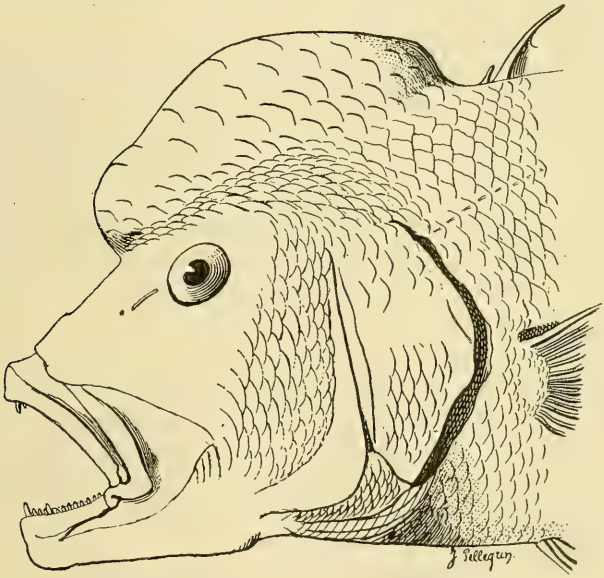


Fig. 5. — Tête de *Dentex vulgaris* Cuv.

chez d'autres Acanthoptérygiens perciformes et dans diverses familles.

C'est ainsi que des individus du genre *Dentex* peuvent présenter cette particularité. Le Denté vulgaire que l'on rencontre assez

(1) Günther. Loc. cit. IV, p. 288.

communément sur nos côtes, surtout celles de la Méditerranée est susceptible de la posséder. Il existe dans les collections du Muséum un individu sec des plus remarquables à cet égard. Aucun des spécimens, examinés par nous dans les autres groupes, n'est muni d'une gibbosité aussi développée, comme on peut le voir sur notre figure. La longueur du poisson, du bout du museau au centre de la caudale, est de $0^m,83$ ; on a donc affaire à un vieux spécimen. La plus grande longueur de la tumeur, mesurée au ruban, est de $0^m,26$ environ, sa hauteur de $0^m,09$. Une étiquette manuscrite de Valenciennes accompagnant l'individu porte les indications suivantes :

« *Dentex vulgaris* Cuv. Val. Envoyé des Canaries par M. Berthelot, » consul de France aux Canaries, mai 1850. Cet individu est » remarquable par le développement anormal du dessus du crâne, » probablement causé par une hypertrophie de la crête interpa- » riétale. On dit que ces cas se présentent de temps en temps sur » les Canariens. A. V. 1850. »

Nous ne pouvons partager complètement la manière de voir de l'illustre zoologiste Sans doute comme nous l'avons montré dans le genre *Geophagus*, le développement de la crête occipitale joue un certain rôle dans la forme du profil de la tête mais une tumeur aussi volumineuse et d'une telle forme est certainement composée en grande partie de tissu adipeux comme dans les autres espèces. L'individu préparé depuis longtemps ne peut plus permettre une vérification mais on a affaire sans aucun doute à une tumeur avant tout graisseuse.

Nous pourrions multiplier encore les exemples, c'est ainsi que dans la famille des Squamipennidés un spécimen de *Drepane punctata* L. Gm. de $0^m,36$ venant de Sélangor (Malaisie) et dû à M. Errington de la Croix, présente aussi une bosse arrondie très nette entre les yeux, mais nous entrons maintenant dans des groupes où cette particularité commence à revêtir un caractère plus exceptionnel.

On voit par ce qui précède que l'on peut rencontrer la gibbosité frontale dans un grand nombre de familles de Poissons et des cas nombreux pourront sans doute être ajoutés à ceux sommairement réunis ici, car il s'agit d'un phénomène non pathologique mais en quelque sorte physiologique rappelant par exemple ce qui se passe chez les Salmonidés pour les individus dits bécards. D'ailleurs il n'est pas étonnant que de même que dans beaucoup d'espèces de

Vertébrés supérieurs, parmi les Poissons on rencontre parfois chez les mâles, surtout chez les sujets parvenus à un âge avancé, des caractères morphologiques particuliers qui ne peuvent pas être précisément considérés comme anormaux.

Aussi avons-nous pensé qu'il n'était pas sans intérêt d'appeler l'attention sur des faits jusqu'ici peu étudiés et par conséquent encore assez mal connus chez les Vertébrés inférieurs comme les Poissons où, malgré tout, les caractères sexuels sont en général peu accentués et où les signes de vétusté en dehors de la taille relative ne sont pas le plus souvent très nettement saisissables.

---

# LOIS DE TRANSPARENCE DE LA MATIÈRE POUR LES RAYONS X

par **M. L. BENOIST**

(Planche I).

## I

Après avoir établi, dès nos premières recherches sur les rayons X (1), l'hétérogénéité de ces rayons et l'absorption sélective exercée sur eux par les corps qu'ils traversent, j'ai étudié, dans la suite, l'influence de la densité et de la nature d'un certain nombre de corps sur cette absorption (2); j'ai ainsi montré que, en dehors de quelques cas particuliers, la transparence aux rayons X n'était pas uniquement fonction de la masse, mais que l'*opacité* spécifique, c'est-à-dire le *pouvoir absorbant de l'unité de masse*, augmentait, en général, assez vite avec la densité, allant, par exemple, de 0,09 pour l'aluminium à 0,81 pour le platine, l'unité de masse étant le décigramme par centimètre carré de surface exposée ; de plus, ce pouvoir absorbant changeait pour un même corps avec la valeur de la masse prise pour unité; il changeait aussi avec l'espèce et avec l'état du tube radiogène, c'est-à-dire avec la qualité des rayons X employés. Enfin, ces changements se produisaient dans des proportions inégales pour les différents corps. Ainsi apparaissait un caractère essentiel au point de vue de la différenciation soit des rayons X, soit des corps qu'ils traversent, caractère comparable aux couleurs dans le cas de la lumière, et que l'on pouvait désigner sous le nom de *radiochroïsme*.

Cette première série de recherches, effectuées principalement par la méthode électrométrique, avait en quelque sorte jalonné la route à suivre.

Pour préciser les lois cherchées, il fallait désormais étudier séparément l'influence de chacun des facteurs dont l'intervention dans le phénomène venait d'être constatée. Il fallait passer en revue tous les corps simples, pris sous divers états physiques, et le plus grand nombre possible de leurs composés ; et cela, dans des conditions méthodiquement variées quant aux épaisseurs traversées et aux rayons X employés.

(1) L. Benoist et D. Hurmuzescu, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 février 1896.

(2) L. Benoist, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 janvier 1897 ; et *Bulletin de la Société Française de Physique*, 1896 et 1897.

C'est ainsi que l'étude de plus des deux tiers des corps simples actuellement connus, et d'un nombre considérable de leurs composés ou mélanges, m'a, dès à présent, fourni des résultats suffisamment généraux pour que l'on puisse en déduire les principales lois de transparence de la matière pour les rayons X.

La méthode électrométrique, qui, depuis que nous l'avons fait connaître (1), a rendu de nombreux services soit à d'autres, soit à nous-mêmes, présentait, à cause de sa sensibilité même, trop de lenteur pour une exploration aussi étendue; aussi est-ce de la méthode de l'écran fluorescent que je me suis plus particulièrement servi dans cette nouvelle série de recherches.

Le dispositif que j'ai établi comporte des garanties particulièrement complètes contre les causes d'erreur d'ordre photométrique et contre l'intervention des rayons secondaires de quelque provenance que ce soit ; il se prête aux comparaisons les plus variées, quel que soit l'état physique des corps considérés, solides, liquides ou vapeurs; enfin, il permet non seulement des mesures relatives, c'est-à-dire l'égalisation des transparences observées à celles d'un étalon convenablement choisi, mais encore des mesures absolues, c'est-à-dire la détermination directe des proportions de radiation transmise et absorbée.

J'ai obtenu ce dernier résultat en interceptant une fraction, connue et variable, du rayonnement que produit dans une direction donnée, un tube radiogène, au moyen d'une roue dentée dont les dents peuvent être élargies ou rétrécies à volonté. Une rotation de rapidité convenable amène successivement les pleins et les vides sur la direction des rayons X, réduisant leur intensité totale par unité de temps, dans un rapport égal à celui de la largeur d'un vide à la largeur totale d'un plein et d'un vide. La variation de ce rapport s'obtient aisément, grâce à la superposition de plusieurs roues présentant un décalage déterminé.

J'ajoute enfin que cette roue photométrique et l'ensemble du dispositif précédent permettent également des mesures par voie radiographique.

Les mesures relatives de transparence ont été effectuées suivant la règle que voici : la transparence d'un certain corps, pris sous une certaine masse, constitue la transparence type ou étalon ; tous les autres corps sont amenés à l'épaisseur-masse convenable pour avoir cette même transparence, vis-à-vis d'une qualité donnée de rayons X.

(1) L. Benoist et D. Hurmuzescu, *Comptes rendus*, 3 février 1896.

En un mot, j'ai constitué des *équivalents de transparence* définis comme étant : *la masse, en décigrammes, d'un prisme ayant* 1 *centimètre carré de base, traversé suivant son axe par des rayons X de qualité donnée, et produisant sur eux la même absorption qu'un prisme de paraffine de* 75 *millimètres de hauteur* (étalon provisoirement choisi parmi les corps les plus transparents).

La roue photométrique donne, comme valeur de l'absorption ainsi produite, des nombres de l'ordre de $0^m,94$, $0^m,98$, etc., pour des rayons X plus ou moins mous ou durs.

Ce qui prouve en passant que la paraffine n'est pas un corps absolument *aradiochroïque* (Voir plus loin) ; le lithium l'est davantage ; mais il est peu maniable ; c'est au carbone pur qu'il conviendrait de s'adresser définitivement.

Voici, à titre d'exemples, quelques équivalents de transparence, pour rayons X de dureté moyenne, donnant une transmission de 6 °/o :

| | | |
|---|---|---|
| Li . . . . . | E = | $115^{dg}$ |
| Si . . . . . | E = | 15,7 |
| Fe . . . . . | E = | 2,7 |
| Pb . . . . . | E = | 0,8 |
| Ur . . . . . | E = | 0,6 |

Ces équivalents définissent et permettent de calculer l'absorption ou la transmission moyennes produites par l'unité de masse, c'est-à-dire l'*opacité* ou la *transparence spécifique moyenne* dans des conditions déterminées.

Par exemple, Fe donnera :

| | | |
|---|---|---|
| Transparence spécifique moyenne . . . . . | $\tau$ = | 0,35 |
| Absorption spécifique moyenne . . . . . | $\alpha$ = | 0,65 |

Je retrouve ainsi des nombres absolument du même ordre que ceux que m'a donnés autrefois la méthode électrométrique.

En modifiant soit la grandeur de la masse étalon, soit la qualité des rayons X, on obtient de nouvelles séries d'équivalents de transparence.

## II

Les équivalents de transparence ainsi définis et mesurés fournissent un certain nombre de lois importantes, dont voici les principales :

*Première loi. — L'opacité spécifique d'un corps, pour une qualité donnée de rayons X et pour une épaisseur étalon déterminée, est indépendante de l'état physique de ce corps.*

En un mot, l'équivalent de transparence conserve la même valeur, pour un même corps, à l'état solide, liquide ou gazeux ; il est le même, par exemple, pour l'eau et la glace, pour le brome liquide ou en vapeurs, pour l'iode solide ou en vapeurs, etc.

Ce fait important n'est pas seulement le résultat des mesures directes ; il constitue aussi une conséquence nécessaire de la concordance constamment obtenue entre les transparences mesurées et des valeurs calculées sans tenir compte des états physiques.

M. Van Aubel a publié, en 1897, dans le *Journal de Physique* (1), des observations relatives à quelques vapeurs, et desquelles il concluait que les vapeurs étaient très transparentes aux rayons X, alors que les mêmes corps solides ou liquides étaient très opaques ; de telle sorte que, d'après lui, l'état physique jouait un rôle très considérable dans la transparence aux rayons X.

Il ne m'a pas été difficile, grâce aux données numériques établies par moi, à la connaissance de tous les facteurs dont on ne tenait pas encore compte à cette époque, de mettre en évidence les causes d'erreurs contenues dans les observations de M. Van Aubel, qui ne définissait pas d'une façon précise les masses traversées, ne comparait pas des masses égales sous les différents états physiques, et opérait sur des masses de vapeur beaucoup trop faibles pour obtenir une absorption notable.

C'est ainsi que l'équivalent de transparence du brome étant, d'après mes mesures, et pour des rayons X moyens, égal à $1^{dg},70$, il comparait environ $\frac{1}{10}$ d'équivalent de brome-vapeur à 6 équivalents environ de brome-liquide.

J'ai mesuré spécialement les équivalents de transparence de la vapeur de brome et de la vapeur d'iode, en employant un dispositif où la densité de la vapeur est exactement définie, où sa masse, traversée par les rayons X, est la même que celle qui constitue à l'état solide ou liquide l'équivalent de transparence, et j'ai très exactement retrouvé, dans ce cas comme dans tous les autres, l'identité de transparence sous les trois états physiques.

D'autres corps, très opaques aux rayons X, et présentant des points d'ébullition assez bas pour fournir aisément des colonnes de vapeur de masse bien définie, m'ont donné également une concordance parfaite entre les équivalents de transparence mesurés à l'état de vapeur et mesurés sous un autre état, ou calculés sans tenir compte de l'état physique.

(1) Voir 3e série, t. VI, p. 528.

Par exemple :

| | | |
|---|---|---|
| Le bromure d'éthyle, $C^2H^5Br$, qui bout à | 40°,7, | $E = 2^{dg},6$ |
| L'iodure de méthyle, $CH^3I$, — | 44° | $E = 1\ ,3$ |

J'ajoute que la loi d'indépendance de l'opacité spécifique vis-à-vis de l'état physique s'applique également aux *changements de température* ; c'est ce que j'avais d'ailleurs vérifié antérieurement pour les gaz plus ou moins chauffés, pour le platine froid ou porté au rouge, etc.

Cette loi s'étend également aux états *cristallin* ou *amorphe*.

C'est ainsi que le quartz a même équivalent de transparence que la silice amorphe et pulvérulente ; le corindon et le rubis oriental, que l'alumine amorphe ; le charbon pur et amorphe, que le graphite pur ou le diamant, etc.

Il est essentiel, dans ces vérifications, de n'employer que des échantillons d'une pureté absolue ; car de faibles traces de corps opaques peuvent introduire de notables divergences ; c'est ainsi que 2 °/₀ d'oxyde de fer dans le graphite naturel abaissent sa transparence de près de moitié ; ou bien encore un peu d'air ou de vapeur d'eau condensés par du charbon de sucre très pur peuvent réduire sa transparence de près d'un dixième.

*Deuxième loi. — L'opacité spécifique d'un corps est indépendante du mode de groupement atomique ou moléculaire*, c'est-à-dire, par exemple, de l'*allotropie* pour les corps simples, de la *polymérie* pour les corps composés.

C'est ainsi que le phosphore jaune et le phosphore rouge ont même équivalent de transparence.

C'est ainsi encore que :

| | | |
|---|---|---|
| L'aldéhyde benzylique, | $C^7H^6O$, | donne $E = 61^{dg}$ |
| La benzoïne, | $C^{14}H^{12}O^2$, | — $E = 60^{dg},5$ |

*Troisième loi. — L'opacité spécifique est indépendante de l'état de liberté ou de combinaison des atomes.*

L'équivalent de transparence d'un mélange ou d'une combinaison peut, en effet, se calculer au moyen des équivalents de leurs éléments constitutifs, en tenant compte de leurs proportions respectives. En partant de la définition même des équivalents de transparence, on obtient aisément la formule générale :

$$\frac{M}{E} = \Sigma \frac{m}{e},$$

dans laquelle :

M est la masse totale du composé ou du mélange ;
E, son équivalent de transparence ;
*m*, la masse de l'un des éléments constitutifs ;
*e*, son équivalent de transparence.

Cette formule peut aussi bien servir à calculer E que *e*.

Exemples :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Silicium (mesuré). | E = 15,7 | d'où quartz | Calculé.. | E = 24 |
| Oxygène — | E = 44,5 | | Mesuré.. | E = 24,1 |
| Lithine caustique (mesuré). | E = 57 | d'où lithium | Calculé.. | E = 114,8 |
| Oxygène — | E = 44,5 | | Mesuré.. | E = 115 |

Lorsque les éléments mélangés ou combinés n'ont pas le même radiochroïsme, et agissent comme écrans sélecteurs les uns vis-à-vis des autres, il suffit de modifier, dans la formule générale, l'équivalent de transparence *e*, par un coefficient K. que nous fournit l'étude du radiochroïsme dont il sera question plus loin.

*Quatrième loi. — L'opacité spécifique des corps simples, mesurée toujours dans des conditions bien définies, est une fonction déterminée et généralement croissante de leurs poids atomiques.*

Il ressort des lois précédentes que l'opacité spécifique, étant indépendante de tous modes de groupement des atomes, ne peut dépendre, si elle n'est pas égale pour tous les corps simples, que de leurs poids atomiques.

J'ai donc été conduit à dresser des *courbes d'isotransparence*, ayant pour *abscisses les poids atomiques*, et pour *ordonnées les équivalents de transparence* des différents corps simples, mesurés pour tous dans des conditions identiques.

Telle est la courbe en trait plein de la planche ci-jointe, établie pour une certaine qualité moyenne de rayons X ; à droite se trouve reportée la portion de courbe allant du fluor au carbone ; celle qui va du carbone (E = 70) au lithium (E = 115) n'a pu entrer dans le cadre adopté ici ; elle est très sensiblement rectiligne.

On est frappé, dès que l'on a obtenu, par quelques points, l'allure générale de la courbe, de la grande régularité avec laquelle tous les autres corps viennent se placer sur la ligne ainsi indiquée ; les très petits écarts existant pour quelques-uns peuvent s'expliquer soit par un défaut de pureté absolue des échantillons étudiés, soit par de légères variations des rayons X employés.

Cette courbe est d'allure hyperbolique, mais ne coïncide pas avec l'hyperbole équilatère, $P \times E = 805$, menée par l'un des points extrêmes, celui du lithium ; les deux courbes, sensiblement confondues pour les poids atomiques les plus faibles, s'écartent ensuite

notablement l'une de l'autre, avec un maximum d'écart pour les poids atomiques moyens.

On peut dire que la courbe obtenue représente une *loi générale de transparence de la matière pour des conditions déterminées d'épaisseur-masse et de rayons X*, dans laquelle l'opacité spécifique, définie par les équivalents de transparence, est reliée au poids atomique par une relation plus complexe que la simple proportionnalité.

L'équation de la courbe serait, en effet, de la forme :

$$E = A + \frac{B}{P} + \frac{C}{P^2}$$

Les conditions expérimentales qui ont fourni cette courbe peuvent être méthodiquement modifiées :

Soit en modifiant l'état du tube radiogène, le *ramollissant* ou le *durcissant* par chauffage, osmorégulation, etc. ;

Soit en changeant le type du tube employé : tube à anticathode d'aluminium, etc. ;

Soit en interposant entre le tube radiogène et les corps étudiés des *écrans* plus ou moins *radiochroïques* (soufre, plomb, etc.) et plus ou moins épais ;

Soit, enfin, en modifiant l'épaisseur-masse étalon, ce qui entraîne, pour les corps étudiés, une sélection plus ou moins complète des rayons X qui les traversent.

On voit alors les équivalents de transparence augmenter ou diminuer ensemble, mais non de quantités proportionnelles, ce qui correspond à une déformation progressive de la courbe initiale. En un mot, on obtient un faisceau de *courbes d'isotransparence*, dont chacune représente une loi de transparence de la matière, pour des conditions particulières et déterminées. Les unes s'abaissent vers l'axe des poids atomiques, comme la courbe ponctuée représentée sur la figure, et correspondant à des rayons très mous ; d'autres, au contraire, s'élèvent, se tendent davantage, et se rapprochent de l'hyperbole équilatère, qu'il est possible d'atteindre (peut-être même de dépasser !), pour les rayons X suffisamment pénétrants et suffisamment homogènes.

Pour rendre plus sensibles les écarts entre ces courbes, il est commode souvent de les transformer, en prenant pour ordonnées les logarithmes des équivalents de transparence.

La conclusion essentielle qui ressort des résultats expérimentaux qui précèdent, et des lois qu'ils m'ont permis de formuler, c'est que l'équivalent de transparence d'un corps simple, pour les rayons X, pris dans des conditions bien déterminées, constitue

une constante, absolument caractéristique de ce corps simple, sous quelque forme, sous quelque état qu'il se présente. En un mot, l'*opacité spécifique*, pour les rayons X, représente une *nouvelle propriété additive de la matière*, comme la masse, le poids atomique, la capacité calorique atomique, avec l'avantage d'être indépendante de toutes les causes qui font varier cette dernière.

De là, de nombreuses et importantes applications, dont je vais rapidement indiquer les principales.

## III

1° *Qualification précise des rayons X.* — Chaque courbe d'isotransparence qualifie d'une façon très précise un groupe déterminé de rayons X.

Une fois le réseau de courbes obtenu, et l'allure de chacune d'elles caractérisée, il suffit souvent de deux ou trois points pour retrouver le groupe des rayons X qui lui correspond.

2° *Etude du radiochroïsme.* — D'une courbe à une autre, le passage ne s'effectue pas par déplacements proportionnels pour les différents corps, ce qui est une nouvelle manifestation de radiochroïsme, c'est-à-dire de cette absorption sélective, variable d'un corps à un autre, que la matière exerce sur les rayons X. On voit ainsi pour quelles raisons le corps servant d'étalon de transparence doit être choisi parmi les moins radiochroïques. Le radiochroïsme d'un autre corps sera dès lors d'autant plus complexe que ses déplacements d'une courbe à une autre, c'est-à-dire que les variations de son équivalent de transparence, seront plus considérables. L'étude générale du radiochroïsme repose donc à la fois sur l'examen du réseau de courbes d'isotransparence et sur la mesure absolue, par la roue photométrique, de certaines transparences spécifiques. La paraffine ne m'a parue *aradiochroïque* que pour des rayons X suffisamment durs et élevés ; mais elle est encore sensiblement *radiochroïque* pour des rayons mous ou bas. L'étude des courbes montre, d'autre part, que le lithium est encore moins radiochroïque que la paraffine, mais que les corps venant après le carbone ont, au contraire, un radiochroïsme plus prononcé, et s'accentuant, en général, à mesure que leur poids atomique augmente. Par exemple, il est facile, en ramollissant un tube radiogène, puis en le durcissant, et finalement en interposant un écran de plomb, de faire varier l'équivalent de l'aluminium dans le rapport de 1 à 10. Le chrome présente des variations encore plus fortes.

Toutefois les couches pour rayons bas présentent, comme on le voit sur la figure pour la courbe ponctuée, une déformation remarquable dans la région des poids atomiques, 100 à 150 environ. L'argent et les corps voisins ont donc un radiochroïsme minimum, ou, si l'on veut, une transparence anormale pour les rayons très mous. Il est intéressant de rapprocher ce fait de la transparence anormale de l'argent pour les rayons ultra-violets, signalée en 1881 par M. de Chardonnet. On peut aussi le rapprocher de certaines anomalies observées par plusieurs expérimentateurs dans le rôle que joue l'argent dans quelques phénomènes se rattachant aux rayons X.

3° *Classification générale des rayons X, des rayons secondaires, tertiaires, des rayons de l'uranium, du radium, etc.* — L'établissement de courbes d'isotransparence pour ces différents rayons équivaut à la dispersion produite par un prisme ou un réseau sur les rayons qui constituent ou accompagnent la lumière ; on a donc là un moyen précis de former une véritable échelle spectrale de toutes ces radiations nouvelles, et de les relier même aux rayons lumineux.

4° *Classification des tubes radiogènes et de leurs différents états.* — Il suffit de construire la courbe d'isotransparence que donne tel tube ou tel état d'un tube radiogène. Le plus souvent, deux points convenablement choisis suffiront pour déterminer cette courbe. Ces deux points devront correspondre à deux corps de radiochroïsme très différent.

L'exemple suivant montrera la sensibilité du procédé.

Une quantité constante de chrome a successivement égalé par sa transparence les diverses épaisseurs de paraffine que voici, en même temps que l'on augmentait la dureté du tube radiogène :

| Épaisseur de paraffine | Étincelle équivalente mesurant la dureté du tube |
|---|---|
| 150$^{mm}$ | 15$^{mm}$ |
| 95 | 50 |
| 85 | 70 |
| 80 | 110 |
| 75 | 180 |
| » | » |
| 15 | 180 (avec interposition d'un écran de plomb de 0$^{mm}$58). |

Il est donc possible de constituer une *échelle de teintes* radiochroïques pour tube radiogène, comprenant, au besoin, une vingtaine de degrés et même davantage.

J'ai constitué de semblables *radiochromomètres* en prenant soit un

couple paraffine-aluminium, soit un couple argent-aluminium. Ces chromomètres peuvent être soit rectilignes, soit circulaires.

La seconde forme est particulièrement commode pour la pratique : l'épaisseur-étalon d'argent occupe le centre d'un cercle dont le contour est formé par douze secteurs d'aluminium d'épaisseur régulièrement croissante. Le numéro d'ordre du secteur d'aluminium qui donne, soit à l'écran fluorescent, soit sur la plaque radiographique, la même transparence que l'étalon d'argent, caractérise le tube radiogène d'une façon singulièrement plus précise que le simple aspect de ce tube ou que la longueur d'étincelle équivalente.

Ce radiochromomètre constitue en même temps un *photomètre* ; car, selon l'intensité du rayonnement, le dernier secteur d'aluminium traversé est d'ordre plus ou moins élevé.

5° *Relation entre le pouvoir absorbant d'un corps pour des rayons X de qualité donnée, et son pouvoir émissif pour ces rayons ou pour d'autres, soit X, soit S, etc.* — Un certain nombre de résultats électrométriques m'ont déjà conduit à admettre que les corps qui absorbaient le plus les rayons X, en général, devaient aussi les émettre avec le plus de facilité en servant d'anticathode. De là, la justification donnée antérieurement, de l'emploi du platine dans les tubes radiogènes.

Mais, vu le mode de répartition des pouvoirs absorbants selon les corps et les rayons X considérés, j'ai pensé qu'une différence analogue devait exister pour les pouvoirs émissifs. Un corps particulièrement absorbant pour les rayons mous, comme l'aluminium, devra, en servant d'anticathode, donner principalement des rayons mous.

C'est ce que j'ai très nettement vérifié en comparant des tubes à anticathode d'aluminium et des tubes à anticathode de platine, à résistance égale ; les premiers donnent des rayons bien plus bas, plus mous que les seconds.

Par exemple, au radiochromomètre argent-aluminium,

| | |
|---|---|
| Un tube aluminium marque..... | 4°,5 |
| — platine — ..... | 6°,0 |

l'étincelle équivalente étant la même.

J'ai même obtenu des différences encore plus considérables ; j'en ai conclu que la première sorte de tube devait donner, dans la pratique radioscopique ou radiographique, des oppositions plus marquées, des clichés plus détaillés que la seconde. C'est ce que j'ai vérifié.

On peut donc partir de ces résultats, et utiliser cette méthode,

pour perfectionner la construction des tubes radiogènes, et les adapter rationnellement à l'emploi de telle ou telle qualité de rayons X.

Quant à la relation entre le pouvoir absorbant pour les rayons X et l'émission des rayons secondaires, elle ressort d'expériences électrométriques plus anciennes dont j'aurai l'occasion de reparler. L'allure des courbes d'isotransparence explique certaines anomalies constatées dans l'influence du poids atomique sur l'émission de ces derniers rayons.

6° *Méthode de détermination ou de vérification des poids atomiques.* — Cette méthode ressort immédiatement de la relation déterminée qui existe entre le poids atomique d'un corps simple et son équivalent de transparence, pour une qualité bien définie des rayons X.

Cette nouvelle méthode est plus générale, et, à maints égards, plus précise, que celle qui résulte de la loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques. En effet, l'opacité spécifique d'un corps simple, ou ce qui la représente pratiquement, son équivalent de transparence, défini et mesuré dans des conditions bien déterminées, constitue une *constante physico-chimique* bien plus étroitement liée au poids atomique que la chaleur spécifique, puisqu'elle est indépendante de tous les changements d'état qui font varier cette dernière souvent dans de très fortes proportions.

Cette constante peut être déterminée par un examen physique aussi simple que rapide, soit sur l'élément lui-même, soit sur un mélange ou un composé connu qui le contienne. La valeur numérique obtenue assigne à l'élément considéré une place déterminée sur la courbe d'isotransparence qui correspond aux conditions choisies ; de là une valeur déterminée assignée aussi au poids atomique. Une transformation logarithmique de la courbe augmentera, au besoin, la sensibilité du procédé, en modifiant la pente de la courbe.

Cette méthode contient, de plus, un précieux élément de contrôle, par l'étude du radiochroïsme de l'élément considéré, c'est-à-dire par le sens et la grandeur des variations de son équivalent de transparence, lorsqu'on passe d'une courbe à une autre en modifiant la qualité des rayons X employés.

Je donnerai, à titre d'exemple, l'application que j'ai faite de cette méthode à l'indium, dont la place dans la classification des corps simples est encore discutée, les chimistes ayant à choisir entre deux valeurs possibles , 75,6 et 113,4, de son poids atomique.

Tout récemment, MM. C. Chabrié et E. Rengade ont repris la

question par voie chimique (1). La formation des aluns d'indium et des métaux alcalins leur a permis de conclure à la trivalence de l'indium, à ses analogies chimiques avec les métaux à sesquioxydes, et par suite, du poids atomique 113,4. Ayant aussi obtenu l'acétyl-acétonate d'indium $[(CH^3—CO)^2=CH]^3 In$, ils ont pu en déterminer le poids moléculaire, non directement il est vrai, ce sel n'étant pas volatil sans décomposition, mais par l'ébullioscopie, et sont arrivés à la même conclusion.

Il était donc intéressant de soumettre la question à la méthode nouvelle dont je viens d'exposer le principe.

J'ai pu utiliser, grâce à l'obligeance de M. Chabrié, l'acétylacétonate d'indium bien cristallisé, puis l'indium métallique très pur, préparés par ces chimistes.

Malgré la petite quantité de sel ($0^{gr},440$) et l'inégale grosseur des cristaux que je ne voulais pas pulvériser, j'ai pu déterminer, avec une précision satisfaisante, son équivalent de transparence pour la courbe en trait plein de la figure.

J'ai obtenu le nombre $3^{dg},6$, d'où j'ai pu déduire par la formule $\frac{M}{E} = \Sigma \frac{m}{e}$ l'équivalent de l'indium lui même.

Ayant eu ensuite à ma disposition de l'indium métallique, que je laminai à diverses épaisseurs, j'ai mesuré directement son équivalent de transparence.

Les deux résultats ont été absolument concordants :

| | | |
|---|---|---|
| Équivalent de l'indium | Calculé d'après celui de l'acétylatonate | E = 1,05 |
| | Mesuré directement sur l'indium | E = 1.10 |

Or, cette valeur éloigne absolument l'indium de la région des poids atomiques voisins de 75 ; car, pour cette valeur, l'équivalent devrait être $E = 1^{dg},7$, sensiblement égal à celui de l'arsenic (Voir la courbe précitée). Elle le met, au contraire, avec le poids atomique $P^a = 113,4$, immédiatement à la suite de l'argent $P_a = 108$) et du cadmium ($P_a = 112$), dont les équivalents sont égaux ou un peu inférieurs à $1^{dg},2$. Cette conclusion fut vérifiée par la comparaison directe de l'indium à l'arsenic, d'une part, à l'argent et au cadmium, d'autre part.

Mais la méthode comporte, ainsi que je l'ai dit, un précieux moyen de contrôle. Si l'on se reporte à la figure, on voit que, dans la région de l'arsenic, la courbe des rayons mous s'écarte très

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 décembre 1900 et 25 février 1901.

notablement de celle des rayons de dureté moyenne et que l'équivalent de l'arsenic varie *du simple au double* d'une courbe à l'autre. Au contraire, pour la région de l'argent et du cadmium, les deux courbes se confondent presque, les écarts étant à peine de l'ordre *du dixième*, pour se séparer de nouveau vers les poids atomiques très élevés.

Or, en soumettant soit le sel d'indium, soit l'indium lui-même, côte à côte, tantôt avec l'arsenic, tantôt avec l'argent ou le cadmium, à ce changement de rayons X, j'ai pu constater très nettement qu'il se comporte *comme l'argent et le cadmium et non comme l'arsenic.*

Donc, la transparence de l'indium aux rayons X, avec tous les caractères de variation qui l'accompagnent, assigne à ce corps simple le poids atomique 113,4 à l'exclusion formelle de la valeur 75,6.

J'ai commencé à appliquer la même méthode au glucinium et à quelques autres corps.

7° *Méthode d'analyse qualitative et quantitative des composés et des mélanges.* — Les grandes inégalités de transparence qui furent constatés dès la découverte des rayons X, dans les différents corps qu'on peut leur soumettre, suggérèrent immédiatement à beaucoup de personnes l'idée de les utiliser pour reconnaître certains mélanges ou certaines fraudes de produits alimentaires ou industriels ; on les appliqua, par exemple, à l'essai des diamants, à celui des farines et aussi des charbons. Mais, n'étant guidées par aucune loi, ces comparaisons étaient entièrement empiriques.

Les lois que je viens d'exposer nous fournissent, au contraire, une méthode générale d'analyse qualitative et quantitative, s'appliquant aussi bien aux composés qu'aux mélanges, et s'appuyant sur des règles sûres et précises.

La formule fondamentale que ces lois m'ont permis d'établir :

$$\frac{M}{E} = \Sigma \frac{m}{e},$$

nous donne, en effet, la valeur que doit avoir l'équivalent de transparence d'un composé ou d'un mélange supposés purs. Si donc, en mesurant expérimentalement cet équivalent, on trouve une valeur plus grande ou plus faible, on peut en conclure que l'un des éléments normaux de ce corps a été remplacé par un élément étranger soit plus transparent, soit plus opaque. La grandeur de l'écart observé indiquera dans quel groupe chimique il faut chercher cet élément étranger. Les phénomènes de radiochroïsme fourniront encore ici un précieux contrôle.

Si l'on connaît déjà, par d'autres caractères, la nature des éléments constitutifs du corps étudié, c'est l'une des masses $m$ que l'on pourra prendre comme inconnue dans la formule.

Or, en admettant que l'on se contente photométriquement d'une précision de l'ordre de $\frac{1}{20}$, il sera aisé d'obtenir, dans cette méthode d'analyse quantitative, une précision au moins égale à $\frac{1}{100}$. Dans certains cas, on atteindra et on dépassera même le millième.

C'est ainsi que l'uranium étant 80 fois plus opaque que l'eau pour des rayons moyens :

$$H^2O,\ E = 48$$
$$Ur,\ E = 0{,}6$$

on pourra doser un sel d'uranium dissous dans l'eau à $\frac{1}{1600}$ près.

Pour montrer la netteté avec laquelle s'applique la formule fondamentale, je citerai, parmi beaucoup d'autres, la vérification suivante :

J'ai calculé, puis mesuré l'équivalent de transparence de l'alun de chrome cristallisé, $[SO^4K^2 + (SO^4)^3Cr^2 + 24H^2O]$, composé déjà assez complexe :

$$E \text{ calculé} = 15^{dg},48$$
$$E \text{ mesuré} = 15^{dg}$$

Le calcul a été fait sans même tenir compte des différences de radiochroïsme, et celles-ci suffisent, comme je l'ai vérifié expérimentalement pour expliquer le très faible écart entre les deux nombres.

## IV

En résumé, les lois générales de transparence de la matière pour les rayons X, se dépouillant de leur complexité apparente, présentent au contraire, dès maintenant, une simplicité que l'on est loin de rencontrer dans le cas des autres radiations antérieurement connues.

Ces lois ne font intervenir, pour une qualité déterminée de rayons X, que la masse absolue et la masse atomique, si bien qu'il est possible, en partant de ces données, de calculer la transparence de n'importe quel corps, quelque complexe qu'il soit.

Ces lois peuvent aussi servir, dès maintenant, de point de départ à une étude méthodique d'ensemble et à une classification des rayons X et de tous ceux qui s'y rattachent.

Elles fournissent d'importantes applications dans la pratique des rayons X, dans le maniement et la construction des tubes radiogènes, dans les analyses chimiques et industrielles.

Elles apportent enfin à la chimie générale le secours d'une propriété nouvelle de la matière, propriété essentiellement additive, essentiellement liée aux poids atomiques, et capable de rendre, pour l'étude de ces derniers, des services au moins comparables à ceux qu'a pu lui rendre la loi de Dulong et Petit.

---

# LISTE DES MEMBRES

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

## DE PARIS

FONDÉE EN 1788

## ABRÉVIATIONS :

| | |
|---|---|
| M. I. | Membre de l'Institut. |
| P. F. S. | Professeur à la Faculté des Sciences. |
| P. M. | » au Muséum. |
| P. C. F. | » au Collège de France. |
| P. E. N. | » à l'École Normale supérieure. |
| P. E. P. | » à l'École Polytechnique. |
| E. E. P. | Examinateur id. |
| P. H. | Professeur honoraire. |
| P. P. C. | » à l'École des Ponts et Chaussées. |
| M. A. M. | Membre de l'Académie de Médecine. |
| P. E. Ph. | Professeur à l'École de Pharmacie. |
| P. C. | » au Conservatoire des Arts et Métiers. |
| I. G. A. | Inspecteur Général de l'Agriculture. |
| A. M. | Assistant au Muséum. |
| P. A. F. M. | Professeur agrégé à la Faculté de Médecine. |

*ETUDE ET AMITIÉ*

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

**Fondée en 1788**

État de la Société en Février 1902

## PREMIÈRE SECTION. — SCIENCES MATHÉMATIQUES

### MEMBRES HONORAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| Faye (Hervé-Auguste-Étienne), M.I. | 95, rue Cortambert. | 4 mai 1848 |
| Lévy (Maurice), M.I., P.C.F. | 5, avenue du Trocadéro. | 12 févr. 1859 |
| Haton de la Goupillière (J.-Napoléon), M.I. . . . | 56, rue de Vaugirard. | 2 juin 1860 |
| Mannheim (Amédée). . . . | 1, boulevard Beauséjour, Passy. | id. |
| Laussedat (Aimé), M.I. . . | Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers. | 24 nov. 1860 |

## MEMBRES TITULAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| 1. Tissot (Nic.-Aug.), E.E.P. | A Voreppe (Isère). | 13 avril 1861 |
| 2. Rouché (Eugène), M.I. . | 213, boulevard Saint-Germain. | 28 mars 1863 |
| 3. Collignon (Édouard) . . | 6, rue de Seine. | 23 déc. 1871 |
| 4. Darboux (Gaston), M.I. (Secrétaire perpétuel), Doyen de la F. des Sc. | 36, rue Gay-Lussac. | id. |
| 5. Jordan (Camille), M.I., P.E.P., P.C.F. . . . . | 48, rue de Varennes. | 27 janv. 1872 |
| 6. Fouret (Georges), E.E.P. | 16, rue Washington. | 26 juin 1875 |
| 7. Picquet (Henri), E.E.P. | 4, rue Monsieur-le-Prince. | 23 déc. 1876 |
| 8. André (Désiré), P.H. . . | 70 bis, rue Bonaparte. | id. |
| 9. Léauté, M.I. . . . . | 20, boulevard de Courcelles. | 26 janv. 1878 |
| 10. Laisant, E.EP.. . . . . | 162, avenue Victor-Hugo. | 9 fév. 1878 |
| 11. Tannery, Dir. des Sc. à l'École Normale sup. . | 45, rue d'Ulm. | id. |
| 12. Le prince C. De Polignac. | Radmannsdorf. Carniole (Autriche). | 11 fév. 1881 |
| 13. Humbert (Georges), M.I. | 10, rue d'Aubigny. | id. |
| 14. Chemin, P.P.C. . . . . | 33, avenue Montaigne. | 12 nov. 1881 |
| 15. Lévy (Lucien), E.E.P. . | 12, rue du Regard. | 8 nov. 1884 |
| 16. Kœnigs, P.F.S. . . . . | 101, boulevard Arago. | 17 déc. 1887 |
| 17. Bioche, Prof. Louis-le-G. | 56, rue Notre-Dame-des-Champs. | 26 janv. 1892 |
| 18. D'Ocagne . . . . . | 30, rue de la Boëtie. | 9 avril 1893 |
| 19. Leau, Prof. Stanislas. . | 6, rue Vavin. | 10 mars 1900 |
| 20. Le Roy, Prof. Stanislas. | 8, rue de l'Abbé de l'Épée. | 22 déc. 1900 |

# DEUXIÈME SECTION. — SCIENCES PHYSIQUES

## MEMBRES HONORAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| Damour (Aug.-Alexis), M.I. | 11, rue Vignon. | 12 mars 1853 |
| Berthelot (Pierre-Eugène-Marcellin), M.I. (Secrét. perpét.), P.C.F. . . . . | 3, rue Mazarine (Institut). | 9 mars 1855 |
| Riche (Alfred). . . . . | 11, quai Conti, à la Monnaie. | 24 nov. 1860 |
| Gaudry (Albert), M.I, P.M. | 7 bis, rue des Saints-Pères. | 25 mai 1861 |
| Troost (Louis), M I., P.H.F.S. | 84, rue Bonaparte. | 10 juil. 1862 |
| Le Roux, P.E.Ph. . . . . | 120, boulevard Montparnasse. | 6 déc 1862 |
| Luynes (Victor de), P.C. . . | 16, rue Vaugirard. | 21 fév. 1863 |
| Grandeau (Louis), I G.A.. . | 4, avenue de la Bourdonnais. | 18 juil. 1863 |
| Wolf (Charles), M.I., P.F.S. | 1, rue des Feuillantines. | 31 janv. 1864 |

## MEMBRES TITULAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| 1. Janssen, M.I. . . . . | Directeur de l'observatoire physique, à Meudon (Seine-et-Oise). | 1 juil. 1865 |
| 2. Gernez (Désiré), P.E.N. | 18, rue Saint-Sulpice. | 22 juin 1872 |
| 3. Fron, Météorologiste tit. au Bureau Central . . | 176, rue de l'Université. | 12 avril 1873 |
| 4. Branly, Profess. à l'Inst. Catholique . . . . . | 21, avenue de Tourville. | 23 mai 1874 |
| 5. Cailletet, M.I. . . . . | 75, boulevard Saint-Michel. | 10 avril 1875 |
| 6. Thénard (Arnould). . . | 6, place Saint-Sulpice. | 27 1875 |
| 7. Bouty, P.F.S. . . . . | 9, rue du Val-de-Grâce. | 27 mai 1876 |
| 8. Lippmann(Gabriel),M.I., P.F.S. . . . . | 10, rue de l'Éperon. | 24 fév. 1877 |
| 9. Hautefeuille, M.I ,P.F.S. | 28, rue du Luxembourg. | 23 juin 1877 |
| 10. Duter, P.H. . . . . | 47, rue Taitbout. | 13 mars 1880 |
| 11. Pellat (Henri), P.F.S. . | 3, avenue de l'Observatoire. | 13 nov. 1880 |
| 12. Becquerel (H.), M.I.,P.M. | 6, rue Dumont-Durville. | 27 nov. 1880 |
| 13. Cochin., député . . . . | 53, rue de Babylone. | 11 fév. 1882 |
| 14. Bourgeois (Léon), A.M.. | 1, boulevard Henri IV. | 9 août 1884 |
| 15. Bordet (Lucien) . . . . | 181, boulevard Saint-Germain. | 17 avril 1886 |
| 16. Vallot (Joseph), Dir. de l'Obs. du Mont-Blanc. | 114, avenue des Champs-Elysées. | 9 juil. 1887 |
| 17. Vincent, Profess. Lycée Saint-Louis. . . . . | 8, rue de l'Abbé de l'Épée. | 26 janv. 1901 |
| 18. Benoist, Profess. Lycée Henri IV. . . . . | 26, rue des Écoles. | 14 déc. 1901 |
| 19. Dongier, Sous-direct. de Laboratoire F S. . . . | 82, rue Claude Bernard. | 28 déc. 1901 |
| 20. Ponsot, Pr. Lyc. Janson. | 26, rue Gustave Courbet. | 11 janv. 1902 |

# TROISIÈME SECTION. — SCIENCES NATURELLES

## MEMBRES HONORAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| Prillieux (Éd.), M.I, Sénateur | 14, rue Cambacérès. | 20 déc. 1856 |
| Marey (Jules-Étienne), M.I., P.C.F. . . . . | 11, boulevard Delessert, entre Passy et Trocadéro. | 19 mai 1860 |
| Bureau (Éd.), P.M., M.A.M. | 24, quai de Béthune. | 7 mai 1862 |
| Vaillant (Léon-Louis), P.M. | 36, rue Geoffroy Saint-Hilaire. | 31 janv. 1863 |
| Alix (P. H. E.), P.H. Inst. Cat. | 10, rue de Rivoli. | 23 juil. 1864 |
| De Seynes (Jules), P.A.F.M. | 15, rue Chanaleilles. | 9 déc. 1871 |
| Grandidier, M.I. . . . . | 6, rond-point des Champs-Elysées. | 23 déc. 1871 |
| Van Tieghem (Philippe), M.I., P.M. . . . . | 22, rue Vauquelin. | 26 déc. 1871 |

## MEMBRES TITULAIRES

| NOMS DES MEMBRES | ADRESSES | DATE de l'élection |
|---|---|---|
| MM. | | |
| 1. Chatin (Joannes), M.I., P F.S. . . . . | 128, boulevard Saint-Germain. | 26 déc. 1871 |
| 2. Oustalet (Émile), P.M.. | 121 bis, rue Notre-Dame-des-Champs | 13 avril 1872 |
| 3. Filhol (H.), M.I., P.M. . | 9, rue Guénégaud. | 12 janv. 1876 |
| 4. Henneguy (Louis-Félix), P.C.F. . . . . | 9, rue Thénard. | 10 mai 1879 |
| 5. Mabille (Jules). . . . . | 7 bis, rue Laromiguière. | 11 fév. 1882 |
| 6. Mocquard, A.M. . . . . | 40, boulevard Saint-Marcel. | 26 mai 1883 |
| 7. Bouvier, P.M. . . . . | 39, rue Claude-Bernard. | 13 fév. 1886 |
| 8. Morot, A.M. . . . . | 9, rue du Regard. | 11 fév. 1888 |
| 9. Drake del Castillo . . . | 2, rue Balzac. | 25 juin 1888 |
| 10. Roché. . . . . | 47, boulevard Saint-Germain. | 21 fév. 1890 |
| 11. Hua. . . . . | 254, boulevard Saint-Germain. | 11 mars 1893 |
| 12. Jousseaume . . . . . | 25, rue Gergovie. | 10 juin 1893 |
| 13. De Guerne . . . . . | 6, rue de Tournon. | 27 octob. 1893 |
| 14. Prince Roland Bonaparte. | 10, avenue d'Iéna. | 17 mars 1894 |
| 15. Lécaillon, Prép. Col. de Fr. | 118, rue Monge. | 14 janv. 1899 |
| 16. Neuville, Prép. Museum. | 55, rue de Buffon. | 25 mars 1899 |
| 17. Pellegrin, id. . | 143, rue de Rennes. | 12 janv. 1901 |
| 18. Guieysse. . . . . | 7, rue de la Santé. | 18 mai 1901 |
| 19. Chauveaud, Direct adj. de Lab. (Hautes-Études) | 61, rue de Buffon. | 11 janv. 1902 |
| 20. Rabaud . . . . . | 104, rue d'Assas. | 8 fév. 1902 |

# Liste des Périodiques reçus par la Société Philomathique

## FRANCE

Aix-en-Provence. — Mémoires de l'Académie des Sciences, Agriculture, Arts et Lettres.

Alger. — Bulletin de la Société d'Agriculture.

Amiens. — Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France.

Id. — Mémoires de la Société Linnéenne du Nord de la France.

Id. — Mémoires de l'Académie des Sciences, Agriculture, Commerce, Belles-Lettres et Arts du département de la Somme.

Angers. — Bulletin de la Société d'Etudes scientifiques.

Id. — Mémoires de la Société Académique de Maine-et-Loire.

Id. — Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts.

Arcueil. — Mémoires de la Société de Physique et Chimie.

Autun. — Bulletin de la Société d'Histoire naturelle.

Auxerre — Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne.

Bagnères-de-Bigorre. — Société Ramond. Observations météorologiques.

Beauvais. — Mémoires de la Société académique d'Archéologie, Sciences et Arts du département de l'Oise.

Belfort. — Bulletin de la Société belfortaine d'Emulation.

Besançon. — Recueil de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts.

Id. — Mémoires de la Société d'Emulation du Doubs.

Béziers. — Bulletin de la Société Archéologique, scientifique et littéraire.

Blois. — Mémoires de la Société des Sciences et Lettres de Loir-et-Cher.

Bône (Algérie). — Bulletin de l'Académie d'Hippone.

Bordeaux. — Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles.

Bourges. — Mémoires de la Société Historique, Artistique et Scientifique du Cher.

BREST. — Bulletin de la Société Académique.
CAEN. — Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie.
Id. — Id. d'Agriculture et de Commerce.
Id. — Mémoires de l'Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres.
Id. — Mémoires de la Société d'Agriculture et de Commerce.
Id. — Id. Linnéenne du Calvados.
Id. — Id. Linnéenne de Normandie.
CAMBRAI. — Mémoires de la Société d'Emulation.
CHALON-SUR-SAÔNE. — Bulletins de la Société des Sciences naturelles de Saône-et-Loire.
CHALONS-SUR-MARNE. — Mémoires de la Société d'Agriculture du département de la Marne.
CHERBOURG. — Mémoires de la Société des Sciences naturelles.
DAX. — Bulletin de la Société de Borda.
DIJON. — Mémoires de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres.
DOUAI. — Bulletin Agricole de l'Arrondissement.
Id. — Société d'Agriculture, des Sciences et des Arts.
Id. — Mémoires de la Société d'Agriculture, des Sciences et des Arts du département du Nord.
DUNKERQUE. — Bulletin de la Société Dunkerquoise pour l'encouragement des Sciences.
Id. — Mémoires de la Société Dunkerquoise pour l'encouragement des Sciences.
GRENOBLE. — Bulletin de l'Académie Delphinale.
Id. — Bulletin de la Société de Statistique des Sciences naturelles et des Arts.
HAVRE. — Bulletin de la Société Géologique de Normandie.
LAON. — Bulletin de la Société Académique.
LE PUY. — Annales de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Commerce.
LILLE. — Mémoires de la Société Géologique du Nord.
Id. — Mémoires de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts.
Id. — Recueils des Travaux de la Société d'amateurs des Sciences, de l'Agriculture et des Arts.
LONS LE-SAULNIER. — Mémoires de la Société d'Emulation du Jura.
LYON. — Annales de l'Université.
Id. — Id. de la Société Linnéenne.
Id. — Id. de la Société d'Agriculture, d'Histoire naturelle et Arts.

LYON. — Mémoires de l'Académie des Sciences, des Belles-Lettres et Arts.
Id. — Union des Chambres syndicales Lyonnaises.
LE MANS. — Bulletin de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de la Sarthe.
MARSEILLE. — Annales de l'Institut colonial.
— — Bulletin de la Société Scientifique industrielle.
— — Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts.
— — Société de Médecine.
— — Annales du Musée d'Histoire naturelle.
— — Annales de la Faculté des Sciences.
MAYENNE. — Bulletin de la Société d'Agriculture de l'arrondissement.
MEAUX. — Bulletin du Syndicat de l'arrondissement de Meaux.
MONTBÉLIARD. — Mémoires de la Société d'Emulation.
MONTBRISSON. — Bulletin de la Diana.
MONTPELLIER. — Mémoires de l'Académie des Sciences.
Id. — Mémoires et Documents de la Sériciculture.
MOULINS. — Revue scientifique du Bourbonnais.
NANCY. — Bibliographie anatomique.
Id. — Mémoires de la Société des Sciences, Lettres et Arts.
Id. — Mémoires de l'Académie de Stanislas.
NANTES. — Annales de la Société Académique.
Id. — Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France.
NÎMES. — Annales de Mathématiques pures et appliquées.
Id. — Bulletin de la Société d'Etudes des Sciences naturelles.
PARIS. — Annales du Conservatoire des Arts-et-Métiers.
Id. — Id. Maritimes et Coloniales.
Id. — Id. de l'Institut national Agronomique.
Id. — Id. de la Société Entomologique de France.
Id. — Id. Scientifiques de l'Ecole normale supérieure.
Id. — Id. de la Société d'Horticulture de France.
Id. — Id. de l'Agriculture française.
Id. — Id. de Chimie ou recueils concernant la Chimie.
Id. — Bibliographie des Travaux scientifiques.
Id. — Bulletin de la Société Philotechnique.
Id. — Id. de l'Institut des Actuaires français.
Id. — Id. de la Société Zoologique de France.
Id. — Id. de la Société Mathématique.
Id. — Id. mensuel de la Société d'Acclimatation.

PARIS. — Id. de la Société entomologique de France.
Id. — Comptes-rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences.
Id. — L'Institut, journal universel des Sciences et des Sociétés Savantes de France et de l'Etranger.
Id. — L'Intermédiaire des Mathématiciens.
Id. — Journal de la Société d'Horticulture de France.
Id. — Id. de l'Ecole Polytechnique.
Id. — Id. de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie.
Id. — Bulletin des Séances de la Société française de Physique.
Id. — Société française de Physique. — Collection des Mémoires relatifs à la Physique.
ROUEN. — Précis analytique des travaux de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres.
Id. — Bulletin des travaux de la Société libre d'Emulation.
SAÏGON. — Bulletin de la Société des Etudes indo-chinoises.
SAINT-ETIENNE. — Annales de la Société d'Agriculture, Industrie, Sciences et Arts.
SAINT-ÉTIENNE. — Bulletin de la Société d'Agriculture.
Id. — Le Glaneur, aide-mémoire des Agriculteurs.
SAINT-JEAN D'ANGELY. — Bulletin de la Société Linnéenne de la Charente-Inférieure.
SAINT-QUENTIN. — Annales Agricoles, Scientifiques et Industrielles du département de l'Aisne.
Id. Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.
Id. Société Académique des Sciences, Arts, Belles-Lettres et Agriculture.
SOISSONS. — Bulletin de la Société Archéologique, Historique et Scientifique.

TOULOUSE. — Annales de la Société d'Horticulture de la Haute-Garonne.
Id. — Annales de la Faculté des Sciences.
Id. — Bulletin de la Société académique Franco-Hispano-Portugaise.
TOULOUSE. — Annuaire de la Société académique Franco-Hispano-Portugaise.
Id. — Bulletin de l'Université.
Id. — Mémoires de la Société Archéologique du Midi de la France.

Id. — Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres.
Id. — Annales de la Société d'Horticulture de la Haute-Garonne.
Id. — Bulletin de la Société des Sciences physiques et naturelles.
VALENCIENNES. — Revue Agricole, Industrielle et Artistique.
VERDUN. — Mémoires de la Société Philomathique.

---

## ÉTRANGER

---

### ALLEMAGNE

BALE. — Naturforschende Gesellschaft in Basel (Publications).
BERLIN. — Sitzungsberichte der K. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.
Id. — Jahrbuch über die Fortschritte Mathematique.
Id. — Ornithologische Monatsberichte.
BRESLAU. — Jahresb. Schlesischen Ges. für vaterländische Cultur.
FRANCFORT-SUR-LE-MEIN. — Bericht über die Senckenbergischen naturforschenden Gesellchaft.
GÖTTINGEN. — Göttingische gelehrte Anzeiger.
HAMBOURG. — Mittheilungen aus dem Naturhistorischen Museum.
IENA. — Jenaische Zeitschrift für Medicin.
KÖNIGSBERG. — Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft.
LEIPZIG. — Zoologischer Anzeiger.
METZ. — Mémoires de l'Académie.
MUNICH. — Almanach der Königlichen bayereischen Akademie der Wissenschaften.

### AUTRICHE

LEMBERG. — Société Scientifique de Chevtchèseko (Publications).
PRAGUE. — Sitzungsberichte der Königlichen Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften.

PRAGUE. — Jahresbericht der Königl.-Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften.

VIENNE.— Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien.

Id. — Annalen des K. K. Naturhistorischen Hofmuseums.

## BELGIQUE

BRUXELLES. — Bulletin de l'Academie royale des Sciences, Lettres et Arts.

Id. — Annuaire de l'Académie royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts.

BRUXELLES. — Conférence maritime tenue à Bruxelles pour l'adoption d'un système uniforme d'observations météorologiques sur la mer.

LIÈGE. — Mémoires de la Société royale des Sciences.

## BRÉSIL

RIO DE JANEIRO. — Paceer da Sociedade de medicina de Rio de Janeiro.

## CHILI

SANTIAGO. — Actes de la Société scientifique du Chili.

## ESPAGNE

MADRID. — La Naturaleza.

## ÉTATS-UNIS

BOSTON. — Memoirs of the Boston Society of Natural History.

Id. — Boston Journal of Natural History.

Id. — Proceedings of Boston Society of Natural History.

CALIFORNIE. — Contribution to biology of the Hopkins laboratory of biology.

CAMBRIDGE. — Illustrated catalogue of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College.

Id. — Annual report of the Curator of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College.

Id. — Bulletin of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College.

CAMBRIDGE. — Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College.
Id. — The organization and Progress of the Anderson School.
Id. — Transactions of the Cambridge philosophical Society.
Id. — Annals of the astronomical Observatory of Harvard College.
CHICAGO. — Academy of Sciences (Publications).
KANSAS. — To Kansas University Quarterly. Lawrence. Kansas.
MADISON. — Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters.
NEW-YORK. — Science Bulletin of the Museum of the Brooklyn Institut.
Id. — Annals of Lycæum of Natural History of N. Y.
PHILADELPHIE. — Journal of the Academy of Natural Sciences.
Id. — Proceedings of the Academy of Natural Sciences.
Id. — Reports of the Academy of Natural Sciences.
SALEM. — Proceedings of the American Association for the advancement of Sciences.
SAN FRANCISCO. — Proceedings of the California Academy of Sciences.
Id. — Memoirs of the California Academy of Sciences.
WASHINGTON. — Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution. Bureau of Ethnology.
URBANA (Illinois). — Bulletin of the Illinois State Laboratory of Natural History.

## GRANDE BRETAGNE

EDIMBOURG. — Proceedings of the Royal Society.
LONDRES. — Proceedings of the London Mathematical Society.
Id. — The Quaterly Journal of pur and applic. Mathem.
Id. — Monthly Notice of the Royal Microscopical Society.
Id. — Memoirs of the Royal Astronomical Society.
Id. — Science Gossip.
Id. — British Museum (Publications).
Id. — Zoological Society (Publications).

## INDES NÉERLANDAISES

BATAVIA. — Transactions of the Batavian Society of Arts And Sciences.

BATAVIA. — Notulen van de Algemeene en Bestuurs-Vergaderingen van het Bataviaasche Genootschap van Kunsten en Wetenschappen.
Id. — Verhandelingen van het Bataviaasche Genootschap van Kunsten en Wetenschappen.
Id. — Tijdschrift voor indische Taal-Land en Volkenkunde.

## INDES ORIENTALES

CALCUTTA. — Journal of the Asiatic Soc. of Bengal.

## ITALIE

BOLOGNE. — Opuscoli Scientifici 1817-23.
Id. — Rendiconto delle sessioni della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna.
Id. — Memorie dell' Accademia delle Scienze di Bologna.
FLORENCE. — Bollettino della Società entomologica Italiana.
GÊNES. — Annali del Museo Civico di Storia Naturale.
LIVOURNE. — Atti dell' Accademia Italiana di Lettere ed Arti.
MODÈNE. — Atti della Società dei Naturalisti di Modena.
NAPLES. — Rendiconto dell' Accademia delle Scienze fisiche e matematiche.
PALERME. — Atti della Accademia di Scienze, Lettere e Belle Arti di Palermo.
Id. — Giornale di Scienze naturali ed economiche pubblicato per cura del Consiglio di perferzionamento annesso al R. Istituto tecnico di Palermo.
Id. — Giornale ed atti della Società di acclimazione e di agricoltura in Sicilia.
Id. — Rendiconto del Circolo Matematico di Palermo.
ROME. — Memorie dell' Osservatorio del Collegio Romano.
SIENNE. — Atti della R. Accademia dei Fisiocritici di Siena.
TURIN. — Annales de l'observatoire de l'Académie.
Id. — Bollettino del consiglio subalpino di sanità ossia Giornale fisico medico del Piemonte.
Id. — Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Università.
Id. — Memoire della Società delle scienze biologiche in Torino.
Id. — Mémoires de l'Académie Impériale de Turin, 1805-23.

## JAPON

TOKIO. — Memoirs of the literature College imperial University of Japon.
Id. — The Zoological Magazine, organ of the Zoological Society of Tokio.

## LUXEMBOURG

LUXEMBOURG. — Publications de l'Institut Royal grand-ducal de Luxembourg.

## MEXIQUE

MEXICO. — Memorias y Revista de la Sociedad Cientifica « Antonio Alzate ».

## NORWÈGE

CHRISTIANIA. — Archiv for Mathematik og Naturvidenskab.

## PAYS-BAS

AMSTERDAM. — Verhandelingen der K. Akademie van Wetenschappen.
HARLEM. — Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles.
Id. — Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem.
Id. — Archives du Musée Taylor.

## RÉPUBLIQUE ARGENTINE

BUENOS-AIRES. — Annales de la Officina meteorologica Argentina.
Id. — Resultados del Observatorio Nacional Argentino.

## RUSSIE

HELSINGFORS. — Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica.
KIEW. — Mémoires de la Société des Naturalistes.
MOSCOU. — Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes.
SAINT-PÉTERSBOURG. — Bulletin de l'Académie des Sciences.

## SUÈDE

STOCKHOLM. — Journal Entomologique.
Id. — Bihang till Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar.

STOCKHOLM. — Ofversigt af Kongl. Vetenekaps-Akademiens Förhandlingar.

UPSAL. — Bulletin of the Geological institution of the University.

Id. — Acta societatis regia scientiarum Upsaliensis.

Id. — Nova Acta regia societatas scientiarum Upsaliensis.

Id. — Bulletin Météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université.

## SUISSE

BERNE. — Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft.

GENÈVE. — Bibliothèque britannique rédigée par Pictet et Maurice, 1796-1815.

Id. — Bulletin de l'Institut national Genevois.

Id. — Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle.

Id. — Mémoires de l'Institut national Genevois.

NEUCHATEL. — Bulletin de la Société Neuchâtelloise de Géographie.

## URUGUAY

MONTEVIDEO. — Anales del Museo nacional.

# TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le Volume III (Neuvième série).

Pages

Bouvier (E.-L.). — A propos d'un travail de N. Sänger sur les Péripates . . . . . 5

Sänger (N.). — *Peripatus capensis* Sr. et *Peripatus Leuckartii* n. sp. . . . . 9

Leau (L.). — La délégation pour l'adoption d'une langue auxiliaire internationale. Appel aux Sociétés savantes . . . . . 37

Mabille (J.). — Testarum novarum diagnoses. . . . . 56

Neuville (H.). — L'intestin valvulaire de la Chimère monstrueuse (*Chimæra monstrosa* Linné) . . . . . 59

Lécaillon (A.). — Note sur l'habitat et les mœurs de quelques Collemboles . . . . . 67

Roubaud (E.). — Sur deux types de Diptères fucicoles : *Origma luctuosa* Meigen, *Cœlopa pilipes* Haliday . . . . . 77

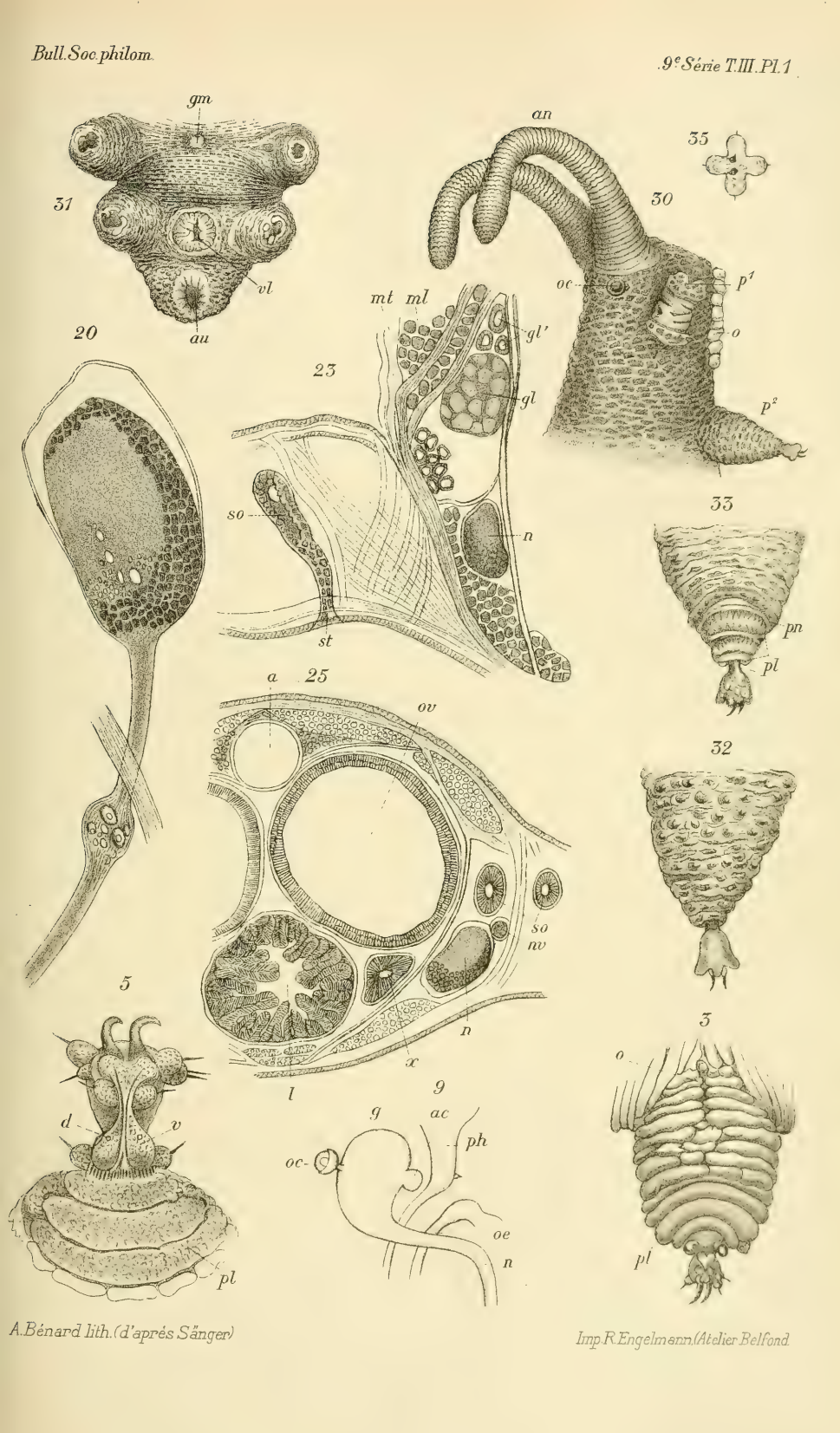
Pellegrin (J.). — Les Poissons à gibbosité frontale . . . . . 81

Benoist (L.). — Lois de transparence de la matière pour les rayons X . . . . . 92

Liste des membres de la Société. . . . . 107

Liste des périodiques reçus par la Société. . . . . 115

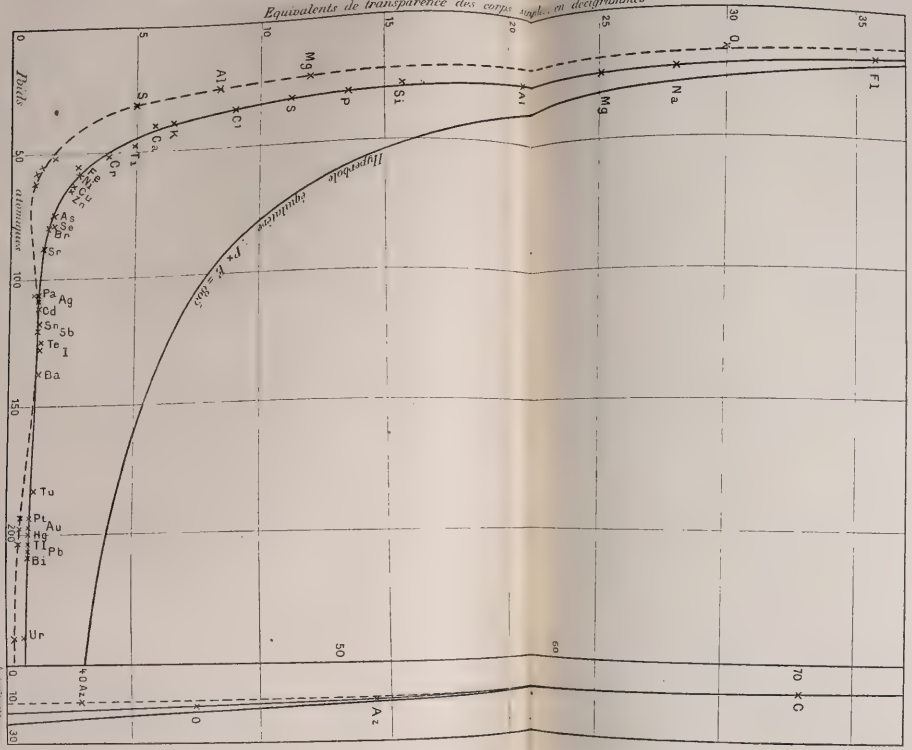
LILLE. — IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES




A. Bénard lith. (d'après Sänger)

Imp. R. Engelmann (Atelier Belfond)

*Equivalents de transparence des corps simples en décigrammes*



# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

| | |
|---|---|
| 1re série : 1789-1805 | 3 volumes in-4° |
| 2e série : 1807-1813 | 3 volumes in-4° |
| 3e série : 1814-1826 | 13 fascicules in-4° |
| 4e série : 1832-1833 | 2 volumes in-4° |
| 5e série : 1836-1863 | 28 fascicules in-4° |
| 6e série : 1864-1876 | 13 fascicules in-8° |
| 7e série : 1877-1888 | 11 volumes in-8° |
| Chaque année pour les Membres de la Société | 5 francs |
| — pour le public | 12 francs |

# Mémoires originaux publiés par la Société Philomathique

A L'OCCASION DU

## CENTENAIRE DE SA FONDATION

## 1788-1888

Le recueil des mémoires originaux publié par la Societé philomathique à l'occasion du centenaire de sa fondation (1788-1888) forme un volume in-4° de 437 pages, accompagné de nombreuses figures dans le texte et de 24 planches. Les travaux qu'il contient sont dus, *pour les sciences physiques et mathématiques*, à : MM. Désiré André ; E. Becquerel, de l'Institut ; Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Institut ; Bouty ; Bourgeois ; Descloizeaux, de l'Institut ; Fouret ; Gernez ; Hardy ; Haton de la Goupillière, de l'Institut ; Laisant ; Laussedat ; Léauté ; Manneheim ; Moutier ; Peligot, de l'Institut ; Pellat. *Pour les sciences naturelles*, à : MM. Alix ; Bureau ; Bouvier ; Chatin ; Drake del Castillo ; Duchartre, de l'Institut ; H. Filhol ; Franchet ; Grandidier, de l'Institut ; Henneguy ; Milne-Edwards, de l'Institut ; Mocquard ; Poirier ; A. de Quatrefages, de l'Institut ; G. Roze ; L. Vaillant.

**En vente au prix de 35 francs**

CHEZ M. REYCKAERT, HÔTEL DES SOCIÉTÉS SAVANTES,
28, RUE SERPENTE, PARIS VIe


LILLE. IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

---

NEUVIÈME SÉRIE. — TOME IV

N° 1

1901-1902

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

A LA SORBONNE

1902

*Le Secrétaire-Gérant,*

E.-L. BOUVIER.

**Le Bulletin paraît par livraisons trimestrielles.**

## COMPOSITION DU BUREAU POUR 1902

*Président* : M. J. de Guerne, 6, rue de Tournon, Paris, VIe.

*Vice-Président* : M. Désiré André, 70bis, rue Bonaparte, Paris, VIe.

*Archiviste* : M. Henneguy, 9, rue Thénard, Paris, Ve.

*Secrétaire des publications* : M. E.-L. Bouvier, 39, rue Claude-Bernard, Paris, Ve.

*Vice-Secrétaire des publications* : M. Henri Neuville, 55, rue de Buffon, Paris, Ve.

*Secrétaire des séances* : M. Lécaillon, 118, rue Monge, Paris Ve.

*Vice-Secrétaire des séances* : M. Leau, 6, rue Vavin, Paris, VIe.

*Trésorier* : M. J. Mabille, 7bis, rue Laromiguière, Paris, Ve.

---

La Société Philomathique de Paris se réunit les 2e et 4e Samedis de chaque mois, à 8 h. 1/2, à la Sorbonne (salle de travail des Étudiants).

---

Les membres de la Société ont le droit d'emprunter des livres à la Bibliothèque de l'Université. Ils ont également droit, sur leur demande, à 50 tirages à part gratuits des Mémoires qu'ils publient dans le Bulletin.

---

Pour le paiement des cotisations et l'achat des publications, s'adresser à M. Reyckaert, Hôtel des Sociétés Savantes, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

## COMPOSITION DU BUREAU POUR 1902

*Président* : M. J. de Guerne, 6, rue de Tournon, Paris, VIe.

*Vice-Président* : M. Désiré André, 70bis, rue Bonaparte, Paris, VIe.

*Archiviste* : M. Henneguy, 9, rue Thénard, Paris, Ve.

*Secrétaire des publications* : M. E.-L. Bouvier, 39, rue Claude-Bernard, Paris, Ve.

*Vice-Secrétaire des publications* : M. Henri Neuville, 55, rue de Buffon, Paris, Ve.

*Secrétaire des séances* : M. Lécaillon, 118, rue Monge, Paris Ve.

*Vice-Secrétaire des séances* : M. Leau, 6, rue Vavin, Paris, VIe.

*Trésorier* : M. J. Mabille, 7bis, rue Laromiguière, Paris, Ve.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

---

NEUVIÈME SÉRIE, — TOME IV

1901-1902

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS
A LA SORBONNE

1902

193646

LILLE. — IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

# SUR UNE COLLECTION DE REPTILES ET DE BATRACIENS RECUEILLIS PAR M. ALLUAUD DANS LE SUD DE MADAGASCAR

par M. F. MOCQUARD

(Planches I et II).

Les difficultés et les dangers de pénétration avaient jusqu'ici opposé un obstacle insurmontable à l'exploration de l'extrémité sud de Madagascar, dont quelques points de la côte restaient seuls connus. Bien que la pacification soit encore loin d'être achevée dans cette partie de l'île, M. Alluaud, chargé de mission, a pu cependant, protégé par une escorte, pénétrer récemment dans l'intérieur des terres, en rayonnant autour de Fort-Dauphin, tantôt vers le nord, tantôt vers l'ouest au pays Androy et recueillir des collections zoologiques dans ces régions encore inexplorées. Celle d'herpétologie, en particulier, présente un grand intérêt. A côté de nombreuses formes déjà connues et dont un certain nombre, telles que *Brookesia nasus* Boulgr., *Phyllodactylus porogaster* Boulgr., *Scelotes melanopleura* Günth., *Sepsina ornaticeps* Boulgr., *Mantidactylus biporus* Boulgr., *Mantidactylus albofrenatus* Müller, *Rhacophorus femoralis* Boulgr., *Mantella Cowani* Boulgr., *Mantipus Hildebrandti* Peters, ne figuraient pas encore dans la collection du Muséum, se trouvent les suivantes, qui doivent être considérées comme nouvelles : *Geckolepis typica* Grand,, var. *anomala, Grandidierina lineata, Idiophis Vaillanti, Langaha Alluaudi, Rhacophorus miniatus, Rh. anceps, Megalixalus Boettgeri, Dyscophus Alluaudi, Platyhyla verrucosa*, l'une d'elles, *Idiophis Vaillanti*, étant le type d'un genre nouveau, *Idiophis*. J'ai donné dans le *Bulletin du Muséum*, 1901, p. 251, la diagnose du plus grand nombre de ces formes nouvelles, en y joignant celle de *Typhlops Decorsei* n. sp., dû au Dr Decorse et de même provenance.

Le présent travail, où l'on trouvera l'énumération de toutes les espèces capturées par M. Alluaud, ainsi que la description de celles qui m'ont paru nouvelles et dont la plupart sont figurées ici, jettera sans doute quelque lueur sur les richesses herpétologiques des régions australes de Madagascar. On remarquera particulièrement ces deux colubridés nouveaux, *Idiophis Vaillanti* et *Langaha Alluaudi*, qui semblent spéciaux à ces régions, et, parmi les

Batraciens, les formes assez nombreuses de Dyscophidés qui s'y rencontrent : *Dyscophus Alluaudi* n. sp., *Platyhyla verrucosa* n. sp., *Mantipus Hildebrandti* Peters, auxquelles s'ajoute *Dyscophus Grandidieri* Boulgr., capturé à Ambovombé par le Dr Decorse.

1. *Pelomedusa galeata* Schœpff.

Un spécimen de Fort-Dauphin.

2. *Chamæleon verrucosus* Cuv.

Un spécimen d'Isaka (1) et deux du pays Androy Nord.

3. *Chamæleon melanocephalus* Gray.

Un spécimen d'Isaka.

4. *Chamæleon lateralis* Gray.

Neuf spécimens mâles et femelles, dont un d'Isaka, les autres de Fort-Dauphin.

5. *Chamæleon Parsonii* Cuv.

Un spécimen femelle de localité indéterminée.

6. *Chamæleon brevicornis* Günthr.

Trois spécimens, dont deux mâles.

7. *Chamæleon nasutus* D. B.

Un spécimen femelle de Fort-Dauphin.

8. *Chamæleon fallax* Mocq.

Un spécimen mâle du Sud de Madagascar, entre Fort-Dauphin et Fianarantsoa.

9. *Brookesia nasus* Boulgr.

Un spécimen femelle de Fort-Dauphin.

10. *Phyllodactylus Bastardi* Mocq.

Deux spécimens femelles d'Andrahomana.

11. *Phyllodactylus pictus* Peters.

Un spécimen mâle de même provenance.

Il appartient, sans doute possible, à l'espèce décrite par M. Boulanger sous le nom de *Diplodactylus robustus* (2) et que nous croyons identique à *Ph. pictus*.

Chez ce spécimen, ainsi que chez ceux de la collection du Muséum

(1) A 40 kilomètres environ au Nord de Fort-Dauphin.

(2) *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 6e sér., vol. XVII, p. 444, 1896.

considérés comme appartenant à l'espèce de Peters et chez un autre remis tout récemment au Laboratoire d'herpétologie par le Docteur Decorse, on distingue sur chaque labiale inférieure le « petit tubercule central » signalé par M. Boulenger et qui existe aussi d'ailleurs avec plus ou moins de netteté sur les labiales supérieures.

La pholidose est semblable chez les deux espèces, et si l'on compare les descriptions qu'en ont données leurs auteurs, on constate qu'elles n'offrent d'autre différence ayant de l'importance que celle-ci : l'extrémité dilatée des doigts et des orteils est garnie en-dessus, sur chaque lobe, d'une écaille agrandie unique chez *Ph. pictus*, et de petites écailles semblables à celles du reste du doigt chez *Ph.* (*Diplodactylus*) *robustus*. Or, nous croyons que Peters a commis une erreur et que cette écaille unique qu'il a décrite et figurée (*Reise nach Mossambique*, Reptilien und Amphibien, p. 29, Pl. V, fig. 1) sur les lobes terminaux des doigts n'existe pas. Aucun herpétologiste, que nous sachions, n'a retrouvé *Ph. pictus* ainsi caractérisé, ni le Dr Boettger (dont *Ph. oviceps* n'est probablement rien autre que l'espèce de Peters), ni Günther, ni Boulenger, qui cependant ont observé de nombreux Reptiles de Madagascar. J'ai indiqué récemment (1) la disposition des écailles sur les lobes terminaux des doigts chez les spécimens du Muséum rapportés à *Ph. pictus* et dont tous les autres caractères concordent effectivement avec ceux de cette espèce ; jusqu'à preuve du contraire, nous les considèrerons, de même que *Diplodactylus robustus*, comme des représentants de *Ph. pictus*.

12. *Phyllodactylus porogaster* Boulgr (a).

Quatre spécimens d'Isaka et d'Andrahomana.

(*a*) M. Boulenger (*Ann. Mag. Nat. Hist.*, Sér. 6, vol. XVII, p. 446) range cette espèce dans le genre *Diplodactylus* Gray ; mais ce genre nous paraît devoir être rejeté pour les raisons suivantes :

C'est à Gray que l'on doit les deux genres *Phyllodactylus* (2) et *Diplodactylus* (3). M. Boulenger les a conservés dans son catalogue des Lacertiens du British Museum, mais il en a formulé autrement les caractères différenciels, ce qui conduit parfois à ce singulier résultat, que telle espèce se range dans l'un ou l'autre de ces genres suivant que, pour la déterminer génériquement, on prend pour guide l'un ou l'autre des deux naturalistes que je viens de nommer. Ainsi, *Diplodactylus porogaster*

(1) *Bull. Soc. Philom.*, 9e série, t. II, p. 103, 1899-1900.
(2) *Spicilegia Zoologica*, p. 3 (1830).
(3) *Proc. Zool. Soc.* 1832, p. 40.

13. *Ebenavia inunguis* Boettger.

Deux spécimens, mâle et femelle, d'Andrahomana. Le type spécifique est originaire de Nossi-Bé.

14. *Hemidactylus mabouia* Mor. de J.

Six spécimens d'Isaka, du pays des Antandroy Nord et de Fort-Dauphin.

15. *Lygodactylus madagascariensis* Boettger.

Un spécimen d'Andrahomana.

16. *Geckolepis typica* Grand., var. *anomala*.
Pl. I, fig. 2.

Cette variété de *Geckolepis typica*, si toutefois ce n'est qu'une

Boulgr serait un *Phyllodactylus* pour Gray. *Phyllodactylus brevipes* Mocq. est un Diplodactyle si l'on s'en rapporte à la diagnose de ce genre donnée par Gray (*Catal. of Lizards in the Brit. Mus.*, p. 148, 1845) ; au contraire, en se conformant aux données de M. Boulenger (*Cat. Liz. Br. Mus.*, 2e éd., I, p. 7 et 76, 1885), c'est dans le genre Phyllodactyle qu'il doit être rangé, à raison de la grande écaille qui recouvre en dessus, de chaque côté, la dilatation terminale des doigts. De même les espèces suivantes, rapportées par Gray au genre Diplodactyle : *Diplodactylus ocellatus* Gray, *D. lineatus* Gray, *D. gerrhopygus* Wiegmann, sont considérées par M. Boulenger comme appartenant au genre *Phyllodactylus*.

D'autre part, *Ph. Stumpffii* Boettgr et *Ph. Bastardi* Mocq., avec leur pholidose hétérogène seraient, d'après Gray, des Phyllodactyles, tandis que l'écaille que porte en dessus l'extrémité dilatée des doigts, un peu agrandie sans doute, mais beaucoup moins que chez *Ph. brevipes* et surtout chez *Ph. macrodactylus* Boulgr, et associée à d'autre écailles plus petites, laisse dans l'incertitude sur la nature générique de ces espèces si l'on s'en rapporte à la méthode de classification de M. Boulenger. *Ph. pictus* Peters (*Diplodactylus robustus* Boulgr) offre les mêmes difficultés.

En réalité, les genres *Phyllodactylus* et *Diplodactylus* tels que les définit M. Boulenger, sont différents de ceux établis sous les mêmes dénominations par Gray, d'où résulte la confusion que je viens de signaler.

Il n'est pas contestable que la caractéristique de ces deux genres, telle que Gray l'a énoncée, ne soit basée sur des différences de peu de valeur : ni la forme convexe ou plate avec extrémité arrondie ou carrée des disques sous-digitaux terminaux, ni une pholidose homogène ou hétérogène ne peuvent être considérées comme des caractères génériques, d'autant plus que la forme convexe de ces disques n'accompagne pas toujours une pholidose homogène ni la forme plate une pholidose hétérogène. M. Boulenger rejeta avec raison cette caractéristique des deux genres *Phyllodac-*

variété, se distingue du type spécifique en ce qu'elle est dépourvue des deux paires d'écailles agrandies qui, chez celui-ci, bordent en arrière, de chaque côté de la ligne médiane, la mentonnière et les inféro-labiales (Pl. I, fig. 1) ; ces dernières plaques sont immédiatement suivies d'une rangée en fer à cheval d'écailles très petites

*tylus* et *Diplodactylus* ; mais celle qu'il établit sur la présence ou l'absence, sur la face dorsale de la dilatation terminale des doigts, d'écailles fortement différenciées de celles de la partie basilaire ne nous paraît pas mieux fondée, par la raison que la disposition des écailles sur la partie dilatée des doigts est sujette à trop de variations. Parfois, en effet, une grande écaille, variable dans sa forme et ses dimensions relatives, en occupe presque toute l'étendue, comme chez *Ph. macrodactylus* Boulgr, *Ph. porphyreus* Daud., *Ph. brevipes* Mocq., etc. ; mais elle peut se réduire, comme chez *Ph. Stumpffii*, *Ph. Bastardi*, *Ph. Sancti-Johannis*, à une écaille agrandie située au bord externe de la dilatation digitale, ou, comme chez *Ph. pictus* (*Dipl. robustus*), à son bord interne, le reste de la surface dilatée du doigt étant recouvert de petites écailles non différenciées de celles qui garnissent la partie basilaire des doigts. Que cette grande écaille, que nous avons vue séparée de la gaîne de la griffe par 3 rangs de petites écailles chez *Ph. Bastardi* (*Bull. Soc. Phil.*, 9e sér., t. II, p. 101, 1899-1900), se subdivise en 2 ou 3 segments, et toute la face supérieure de la dilatation terminale des doigts sera couverte d'écailles semblables à celles du reste de cette face, comme chez les Diplodactyles tels que les définit M. Boulenger. On ne peut vraiment fonder un genre sur un caractère aussi fugace et d'aussi médiocre importance.

A l'exemple des auteurs de l'*Erpétologie générale*, nous rejetons le genre *Diplodactylus*, dont les espèces prendront place dans le *Phyllodactylus*, lequel peut être caractérisé de la manière suivante :

*Tous les doigts pourvus d'une griffe et dilatés à leur extrémité en deux lobes que sépare une scissure médiane, dans laquelle la griffe peut se rétracter, et qui sont l'un et l'autre garnis en dessous d'un disque lamelleux entier.*

Ces caractères se retrouvent dans toutes les espèces du genre, à l'exclusion de tous les autres Geckonidés. Les autres caractères, tels qu'une pholidose homogène ou hétérogène ; la présence ou l'absence d'un disque sus-oculaire et d'une rangée de grandes écailles sur le bord sus-orbitaire, d'une rangée d'écailles gulaires agrandies bordant les labiales inférieures, de cils sur la paupière ; l'existence de lamelles simples ou divisés, ou de petits tubercules sous les doigts ; la forme arrondie ou en fente de l'orifice auditif ; les rapports de l'orifice nasal avec la rostrale, etc., se combinent entre eux de façons diverses pour caractériser les espèces et en permettre avec assez de facilité la détermination, sans qu'il soit possible cependant de distinguer parmi ces espèces deux séries de formes pouvant être rapportées à des genres distincts.

bordant en avant le repli postmentonnier et auxquelles succèdent les écailles gulaires, qui sont à peine plus petites que les écailles ventrales. Seulement, de chaque côté de la moitié postérieure, rétrécie et tronquée à son extrémité, de la mentonnière, est une écaille triangulaire à côtés interne et externe convexes et qui semble détachée de l'angle postéro-interne de la première inféro-labiale (Pl. I, fig. 2). On compte 32 séries longitudinales d'écailles au milieu du tronc. Comme chez *G. typica*, il y a 8 ou 9 labiales supérieures et 7 inférieures, les unes et les autres allant en décroissant d'avant en arrière, les dernières très petites. La narine s'ouvre entre la première supéro-labiale, la rostrale, une grande nasale interne en contact avec sa congénère sur la ligne médiane et 2 petites nasales postérieures. La rostrale est 2 fois aussi large que haute. Les nasales internes sont bordées en arrière par une rangée transversale de 5 petites écailles.

Gris cendré lavé de brun en dessus; blanc sale sous le ventre.

Un spécimen du pays Androy Nord.

17. *Phelsuma laticauda* Boettger.

Un spécimen de Fort-Dauphin.

18. *Phelsuma mutabilis* Grandidier.

*Platydactylus mutabilis* Grand. : *Revue et Magasin de Zoologie*, 1869, p. 341.

*Phelsuma androyense* Mocq. : *Bull. Mus.*, 1901, p. 251.

Tête assez large ; museau déprimé, arrondi à son extrémité, d'une longueur égale à une fois et un quart la distance de l'œil à l'orifice auditif, un peu plus court que l'espace interoculaire et non creusé en gouttière; rostrale près de deux fois aussi large que haute, pentagonale, sans scissure à son bord supérieur, qui est le plus étroit ; narine ouverte au-dessus de l'extrémité antérieure de la première supéro-labiale, entre une grande nasale antérieure qui la sépare de la rostrale et deux petites nasales postérieures ; une seule écaille entre les nasales antérieures ; six ou sept labiales supérieures, cinq ou six inférieures; mentonnière très grande, pentagonale ; post-mentonnières au nombre de trois de chaque côté, allant en décroissant de dedans en dehors, suivies d'écailles plus petites passant graduellement aux granulations gulaires. Orifice auditif petit, ovalaire, à grand axe à peu près égal au tiers du diamètre de l'œil.

Ecailles dorsales granuleuses, petites, lisses, devenant un peu plus grandes à la partie inférieure des flancs ; celles du museau

agrandies, bombées, non carénées. Ecailles ventrales hexagonales, lisses et imbriquées, d'une largeur égale à celle de trois granulations dorsales. Queue déprimée à la base, cylindrique dans le reste de son étendue, divisée en dessus en segments assez bien marqués comprenant chacun six verticilles d'écailles lisses plus grandes que celles du tronc; face caudale inférieure pourvue d'une rangée médiane de grandes écailles fortement dilatées transversalement, dont deux plus courtes alternent avec une plus grande. Pores fémoraux et préanaux en une série continue, au nombre de 28 à 30.

M. Alfr. Grandidier, qui a pu observer cette espèce à l'état vivant, lui assigne la coloration suivante : « D'un gris-brun coupé de petites lignes blanches. Queue d'un beau vert tendre ou d'un rouge d'ocre suivant les moments. Abdomen blanchâtre. » Nos spécimens, comme aussi les types spécifiques dans leur état actuel, sont d'un brun plus ou moins sombre sur la face dorsale du tronc et de la queue, tandis que la tête présente sur un fond gris-clair, en dessus et latéralement, quatre rayures noirâtres paires qui se résolvent, sur le tronc, en fines vermiculations ou en petites taches plus ou moins distinctes entremêlées d'ocelles d'un jaune sale très pâle. Ces rayures, qui paraissent constantes et sont d'autant plus apparentes que les animaux sont mieux conservés, ont la disposition suivante, en allant de dehors en dedans : la plus externe part de la commissure buccale, passe sur l'orifice auditif et disparaît à la racine du membre antérieur; une seconde, la plus accusée de toutes, part de la narine, traverse l'œil et s'étend un peu au-delà de l'orifice auditif; une troisième, qui s'unit à la précédente au-devant de l'œil, passe sur la paupière supérieure et se continue plus ou moins loin au-delà de la nuque; la plus interne, située sur le museau, s'unit à sa congénère au niveau du bord postérieur de l'œil en un tronc médian qui disparaît sur le cou. Enfin, une cinquième rayure se voit sous la gorge : elle prend naissance à l'angle latéro-postérieur de la mentonnière, se dirige en dehors et en arrière parallèlement au bord labial et se termine sous l'orifice auditif. La face ventrale est blanchâtre, sans tache. Membres antérieurs et doigts barrés de brun.

Deux spécimens mâles du pays Androy Nord. Le plus grand mesure 44$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus; la queue est reproduite. Chez le second, la longueur de la queue, qui est intacte, dépasse de 2$^{mm}$ la distance comprise entre les limites que nous venons d'indiquer.

Malgré ces faibles dimensions, qui sont aussi celles des types spécifiques, tous ces spécimens paraissent adultes. *Ph. mutabilis* constitue donc une des plus petites espèces du genre *Phelsuma*.

Cette espèce, que nous avions cru pouvoir, d'après des spécimens assez mal conservés, assimiler à *Ph. madagascariense* Gray (*Bull. Soc. Philom.*, 8e sér. t. VII, 1894-95, p. 94), en diffère par sa rostrale dépourvue de scissure à son bord supérieur ; par ses écailles dorsales toutes lisses ; par un nombre plus petit de plaques labiales, de pores fémoraux et préanaux ; par sa taille beaucoup plus faible et par sa coloration.

19. *Hoplurus cyclurus* Merrem.

Cinq spécimens d'Andrahomana et du pays Androy Nord (Behara, Bekitro, Imanombo).

20. *Hoplurus quadrimaculatus* A. Dum.

Un spécimen du pays Androy Nord.

21. *Chalarodon madagascariensis* Peters.

Un spécimen d'Andrahomana.

22. *Mabuia Gravenhorstii* D. B.

Cinq spécimens d'Andrahomana, du pays Androy Nord et de Fort-Dauphin.

23. *Mabuia elegans* Peters

Six spécimens d'Ambovombé (pays des Antandroy Sud), du pays des Antandroy Nord et de Fort-Dauphin.

24. *Mabuia aureopunctata* Grand.

Un spécimen du pays des Antandroy Nord.

25. *Pygomeles trivittatus* Boulgr.

Un spécimen d'Andrahomana (1).

26. *Scelotes melanopleura* Günther.

Un spécimen de Fort-Dauphin.

27. *Sepsina ornaticeps* Boulgr.

Trois spécimens d'Andrahomana.

(1) Un autre spécimen appartenant à cette espèce vient d'être remis au Laboratoire d'herpétologie par M. le Dr Decorse ; il provient des dunes de Bitampy (faux-Cap). Ce scincoïdein se rencontre sous l'écorce des arbres (Dr Decorse).

28. *Sepsina macrocerca* Günthr.

Un spécimen à queue partiellement reproduite, provenant du sud de Madagascar, sans spécification de localité.

Cette espèce est voisine de *Sepsina johannæ* Günthr ; elle s'en distingue cependant par des membres un peu plus longs, des séries longitudinales d'écailles un peu moins nombreuses (30 chez notre spécimen), par un tronc (partie du corps comprise entre la racine des membres antérieur et postérieur) plus court et par une queue plus longue.

29. *Grandidierina lineata* Mocq.

*Bull. Mus.*, 1901, p. 351.

Cette espèce est dépourvue de membres, comme *Gr. rubrocaudata* Grand., dont elle diffère par son museau moins déprimé et moins étroit ; par l'ouverture de la narine au sommet d'une étroite échancrure de la rostrale (comme chez *Gr. fierinensis* Grand.), entre ce bouclier et une petite nasale, sans toucher à la première supéro-labiale ; par une frontale un peu plus large que longue (elle est aussi longue que large chez *Gr. rubrocaudata*) (1) ; par une frénale plus courte ; par une mentonnière beaucoup plus grande, enfin, par sa coloration qui est la suivante :

Le dos, d'un gris perle, est parcouru par cinq lignes sombres formées de petits traits anguleux, en zigzag, le plus souvent discontinus, qui s'étendent depuis la nuque jusque sur la base de la queue. Un liseré brun en arc de cercle borde en avant et latéralement les écailles des flancs, en avant seulement les écailles ventrales, tandis que, sur la queue, les écailles sont plus ou moins complètement envahies par la teinte brune.

Deux spécimens du pays Androy sud ; deux autres d'Ambovombé, par M. le Dr Decorse.

30. *Typhlops Boettgeri* Boulgr.

Quatre spécimens, dont trois d'Andrahomana.

31. *Polyodontophis torquatus* Boulgr.

Un spécimen de Fort-Dauphin.

(1) Dans le *Bulletin du Muséum*, 1901, p. 252, j'ai dit que chez *Gr. lineata* le bord interne de la susoculaire est convexe ou arqué, et non anguleux ; il en est bien ainsi chez le no 01-240, mais c'est par exception : chez 3 autres spécimens il forme un angle qui est reçu dans une échancrure latérale de la frontale comme chez les autres espèces actuellement connues de *Grandidierina*.

32. *Dromicodryas Bernieri* D. B.

Cinq spécimens d'Isaka et de Fort-Dauphin.

33. *Tropidonotus lateralis* D. B.

Deux spécimens d'Andrahomana et d'Isaka.

Genre Idiophis Mocq.

*Bull. Mus.*, 1901, p. 252.

Vertèbres postérieures du tronc pourvues d'hypapophyses. Maxillaires dépassant en avant les palatins. Dents maxillaires au nombre de 25 à 27 en série continue, sans crochets sillonnés, les postérieures (6 ou 7) devenant un peu plus longues et plus fortes; les mandibulaires très courtes et égales. Tête courte, peu distincte du cou ; tronc cylindrique ; queue courte. Œil petit, avec une pupille arrondie ; narine ouverte entre 2 nasales et l'internasale ; pas de frénale (1) ; écailles lisses, sans fossette apicale ; sous-caudales divisées.

34. *Idiophis Vaillanti* Mocq.

Pl. I, fig. 3, 3 *a-b*.

*Bull Mus.*, 1901, p. 352.

Tête courte, peu distincte du cou ; tronc cylindrique, modérément allongé ; queue courte.

Rostrale beaucoup plus large que haute, légèrement renversée sur le museau; internasales plus larges que longues, plus courtes que les préfrontales ; frontale plus longue que large, plus longue que sa distance de l'extrémité du museau, notablement plus courte que les pariétales, hexagonale, les côtés latéraux les plus longs, sensiblement rectilignes et un peu obliques de dehors en dedans et d'avant en arrière. Narine ouverte entre deux nasales et l'internasale, la nasale postérieure en contact en arrière par une extrémité anguleuse avec l'unique préoculaire, qui est très largement séparée de la frontale. Œil petit, à pupille arrondie, en contact avec la troisième et la quatrième supéro-labiale ; deux postoculaires sensiblement égales ; temporales 1 + 2, l'antérieure longuement anguleuse en arrière (comme la nasale postérieure), touchant seulement à la postoculaire inférieure ; 7 labiales supérieures, la sixième la plus grande ; 10 labiales inférieures, dont les 4 antérieures sont en contact avec les sous-mandibulaires antérieures, la 5e très grande, les 5 dernières petites. Les sous-mandibulaires (ou

(1) C'est la seule forme, parmi les Colubridés jusqu'ici connus de Madagascar, qui soit dépourvue de frénale.

postmentonnières) sont courtes ; les postérieures, plus courtes que les antérieures, sont en contact sur la ligne médiane ; 4 ou 5 écailles gulaires impaires et irrégulièrement disposées les séparent des gastrotèges.

Ecailles du tronc lisses, sans fossettes apicales, plus ou moins régulièrement hexagonales, aussi larges que longues sur les flancs, disposées en dix-sept séries longitudinales ; gastrotèges, 221 (♀) à 236 (♂) ; anale et urostèges divisées, celles-ci au nombre de 44 (♀) à 49 (♂).

Le dessus de la tête est brun. Une bande médio-dorsale un peu plus sombre, d'une largeur de six écailles dans le tronc, s'étend depuis la nuque jusqu'à l'extrémité de la queue ; une raie noire en renforce les bords et le milieu jusqu'au niveau de l'anus. Une autre bande sombre de la largeur de deux écailles, séparée de la première par une bande blanche (jaune?) de même largeur, très atténuée sur les côtés de la queue, passe sur les écailles de la 3e et de la 4e rangée et se trouve également bordée inférieurement par une raie noire qui part de l'œil. La lèvre supérieure est blanche (jaune?) de même que la face ventrale ; mais celle-ci est ornée de chaque côté, à une distance à peu près égale de la ligne médiane et de l'extrémité des gastrotèges, d'une rangée longitudinale de taches noires arrondies ou ovalaires, une paire sur chacune de ces plaques, qui peuvent se continuer jusqu'à l'extrémité de la queue, avec des taches transversales intermédiaires plus ou moins accusées.

Deux spécimens, mâle et femelle, le premier de Fort-Dauphin, l'autre d'Isaka. Le mâle a une longueur totale de 620mm, dont 88 (soit un peu moins que le septième) pour la queue. Ces dimensions s'élèvent respectivement chez la femelle à 608 et 74mm.

Par sa dentition, par l'aspect général du corps, par sa pupille arrondie, cette forme se rapproche de la précédente et de quelques autres particulières à Madagascar, que M. Boulenger rapporte au genre *Tropidonotus*.

35. *Stenophis Gaimardi* Schlegel.

Un spécimen du sud de Madagascar, sans indication de localité.

36. *Ithycyphus miniatus* Schlegel.

Un spécimen mâle d'Andrahomana.

37. *Eteirodipsas colubrina* Schlegel.

Quatre spécimens d'Andrahomana, du pays Androy Nord et de Fort-Dauphin.

38. *Langaha cristagalli* D. B.

Un spécimen d'Andrahomana, en mauvais état.

39. *Langaha Alluaudi* Mocq.
Pl. I, fig. 4, 4 *a-b*.

*Bull. Mus.*, 1901, p. 253.

Tête étroite et allongée ; corps cylindrique, un peu comprimé ; queue très longue.

Museau terminé par un appendice foliacé couvert en dessus d'écailles lisses et allongées, et dont les bords latéraux se recourbent en bas de manière à former une large gouttière renversée, garnie, sur ses bords et à l'extrémité libre, de longues écailles triangulaires formant des dentelures ; la longueur de cet appendice, depuis le bord antérieur de la nasale, égale la distance de ce même bord au bord postérieur de la postoculaire placée à la hauteur du centre de l'œil ; sous sa base est située la rostrale, qui a la forme d'un croissant. Pas d'internasales ni de préfrontales distinctes. Frontale étroite, deux fois aussi longue que large, plus courte que les pariétales. Trois susoculaires, séparées de l'œil par trois petites écailles entre les deux antérieures desquelles et la susoculaire moyenne se trouve intercalée une écaille conique, comprimée, à extrémité obtuse, qui se dresse en forme de corne en se dirigeant en haut et un peu en dehors. Nasale entière, ovalaire, plus longue que haute, percée en son milieu par la narine ; frénale deux fois aussi longue que haute, à bord supérieur convexe ; deux préoculaires, l'inférieure de beaucoup la plus petite, séparée de la frénale par une petite écaille ou par la préoculaire supérieure ; 3 postoculaires ; temporales petites, au nombre de 3 + 3 ou 3 + 4, semblables aux écailles du tronc, plus ou moins distinctement carénées ; 8 labiales supérieures, la 4e et la 5e bordant l'œil, la 6e la plus longue : l'œil se trouve ainsi entouré par un cercle d'écailles formé en avant par les 2 préoculaires, en arrière par les 3 postoculaires, en haut par les 3 écailles surciliaires qui le séparent des susoculaires et en bas par la 4e et la 5e supéro-labiale. Deux paires seulement de sous-mandibulaires, les antérieures, les plus longues et les plus larges, en contact avec les 5 premières inféro-labiales.

Ecailles du tronc en 19 rangées longitudinales, toutes assez fortement carénées, sans fossettes apicales (1) ; 153 gastrostèges ; anale divisée ; 150 urostèges doubles.

(1) Suivant M. Boulenger (*Cat. Snakes*, t. III. p. 36), les écailles sont pourvues de fossettes apicales dans le genre *Langaha* : je n'en trouve chez aucune des espèces actuellement connues.

La teinte générale est un gris cendré, devenant plus sombre sur le museau et la face inférieure de la tête. Des bandes transversales saupoudrées de brun, en général un peu plus étroites que les intervalles qui les séparent, descendent sur les flancs, en alternant le plus souvent avec celles du côté opposé sur la ligne médio-dorsale ; elles deviennent très irrégulières sur la queue.

Un spécimen femelle d'Andrahomana, mesurant 961$^{mm}$ de longueur totale, dont 400 pour la queue (1).

40. *Mimophis mahfalensis* Grand.

Cinq spécimens des deux sexes provenant d'Andrahomana, d'Isaka et du pays Androy Nord.

41. *Rana madagascariensis* D. B.

Un spécimen mâle de Fort-Dauphin.

42. *Rana labrosa* Cope.

Un spécimen d'Andrahomana.

43. *Mantidactylus madagascariensis* A. Dum.

*Lymnodytes madagascariensis* A. Dum. : *Ann. Sc. nat.*, Zool. (3), t. XIX, p. 157 (1854).

*Rana inguinalis* Boulgr : *Cat. Batr. Sal.*, p. 67, Pl. III, fig. 3 (1882).

*Rana madagascariensis* Boettger : *Katal. Batrachier-Samml. Mus. Senckenb. Ges.*, p. 13 (1892).

Cette espèce est pourvue d'une phalange additionnelle et doit être rapportée au genre *Mantidactylus*. On remarquera toutefois que la phalange terminale n'a pas une forme en T et qu'elle est seulement un peu dilatée à son extrémité, ou étranglée en son milieu, comme chez *M. Grandidieri* Mocq., *M. piger* Mocq. et les espèces suivantes.

44. *Mantidactylus biporus* Boulgr.

Phalange terminale dilatée à son extremité libre, non en forme de T. Glande fémorale dépourvue de pore central.

Un spécimen femelle mesurant 31$^{mm}$ de l'extrémité à l'anus. Il provient d'Isaka.

45. *Mantidactylus lugubris*, A. Dum.

Un spécimen provenant d'Isaka et mesurant 34$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus.

(1) Un second spécimen, capturé dans la brousse épineuse près de Béhara, vient d'être remis au Laboratoire d'herpétologie par M. le Dr Decorse.

Ce spécimen diffère du type spécifique en ce qu'il a le museau plus étroit et un peu plus saillant, que l'espace interorbitaire est plus large que la paupière supérieure (et non plus étroit) et que le tympan est plus petit et moins rapproché de l'œil.

La phalange terminale est un peu élargie à son extrémité, mais non en T.

46. *Mantidactylus albofrenatus*, Müller.

*Rana albofrenata* Müller: *Verhandl. d. naturf. Ges. zu Basel*, vol. X, p. 197, Pl. III, fig. 1 (1892).

*Mantidactylus albofrenatus*, Boulgr. : *Ann. Mus. Nat. Hist.* (6)., vol. XV, p. 450 (1895).

*Rhacophorus melanopleura* Mocq. : *Bull. du Mus.*, 1901, p. 253.

Cette espèce est représentée par un seul spécimen que j'avais tout d'abord (*loc. cit.*) rapporté au genre *Rhacophorus*, d'après la forme de la dernière phalange, qui m'avait paru bifurquée. Mais cette phalange est seulement un peu dilatée à son extrémité, comme chez les espèces précédentes de Mantidactyles, et n'est ni bifurquée ni en T. Notre spécimen doit donc être rangé dans ce même genre *Mantidactylus* et nous paraît devoir être assimilé à *M. albofrenatus* Müller malgré les différences suivantes :

Le tympan est plus grand (presque aussi grand que l'œil, et non les deux tiers de cet organe);

L'espace interorbitaire est plus large que la paupière supérieure;

Les tubercules sous-articulaires sont ovalaires et bien développés;

Il y a un petit tubercule métatarsien externe, qui paraît manquer chez le type spécifique, puisqu'il n'est pas mentionné dans la description de Müller;

L'articulation tibio-tarsienne dépasse un peu l'extrémité du museau;

Sous la cuisse est une glande ovalaire allongée et bien marquée, qui fait défaut chez l'individu décrit par Müller;

Enfin, la face dorsale est lisse et non granuleuse.

La coloration est à peu près la même, je signalerai cependant, sous la gorge et la moitié antérieure de l'abdomen, la présence d'une ligne médiane d'un blanc pâle.

Bien que quelques-unes de ces différences aient une certaine valeur, il ne me paraît pas possible de conserver l'espèce *M. melanopleura*.

Notre spécimen provient de Fort-Dauphin et mesure 27$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus.

47. *Rhacophorus miniatus n. sp.*

Pl. II, fig. 1.

Forme svelte ; tête plus large que le corps, membres grêles.

Museau tronqué, d'une longueur égale à celle de l'orbite, la narine étant ouverte latéralement près de son extrémité ; canthus rostralis distinct; région frénale concave, modérément oblique ; espace interorbitaire beaucoup plus large que la paupière supérieure ; tympan bien visible, d'un diamètre égal à la moitié de celui de l'œil, assez voisin de ce dernier ; dents vomériennes en deux petits groupes situés en arrière des narines internes, dirigés transversalement et très rapprochés de la ligne médiane. Doigts à disques terminaux plus petits que le tympan, le second dépassant notablement le premier, les deux externes au tiers palmés ; orteils aux deux tiers palmés, terminés par des disques encore plus petits que ceux des doigts; tubercules sous-articulaires peu saillants; un tubercule métatarsien interne ovalaire assez allongé ; pas de tubercule externe. Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tibio-tarsienne atteint l'extrémité du museau.

Peau lisse en dessus et sous la gorge, granuleuse sous le ventre et sous les cuisses.

Face dorsale du corps et des membres rouge cerise ponctué de noir. Une ligne de ces ponctuations, un peu concave en avant, se voit entre les yeux ; une seconde, située en arrière de la première et à courbure plus accusée, s'étend d'un œil à l'autre en passant sur l'occiput. La face inférieure est d'un blanc grisâtre, passant à une teinte couleur de chair sous les membres ; des barres brun sombre bien distinctes sur les tibias, où elles sont au nombre de cinq ou six, moins accentuées sur le tarse.

Un spécimen capturé dans la forêt entre Isaka et la vallée d'Ambobo, d'une longueur égale à 29$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus.

48. *Rhacophorus femoralis* Boulgr.

Un spécimen de la forêt de Tanala, au centre-sud de Madagascar.

49. *Rhacophorus brachychir* Boettger.

Un spécimen adulte et deux jeunes provenant, le premier, de Fort-Dauphin, les deux derniers d'Isaka.

Le plus grand de ces jeunes mesure 21$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus, l'autre 18 seulement. Comme ils viennent à peine de quitter l'état larvaire, ils ne présentent pas les caractères de l'espèce avec autant d'évidence que les adultes. Ainsi, le plus petit

est encore dépourvu de dents vomériennes, et ces dents, chez l'autre spécimen, semblent dirigées plutôt transversalement qu'obliquement. Ainsi encore, l'appendice cutané que l'on observe, chez l'adulte, au coude et au talon, manque chez le premier et passerait aisément inaperçu chez le second.

En revanche, les deux larges raies brillantes qui vont de l'œil au bord labial en se dirigeant obliquement, l'une en avant, l'autre en arrière, sont d'un beau blanc d'argent. Elles ont complètement disparu chez l'adulte.

Le type spécifique est originaire de Nossi-Bé, et MM. Alluaud et Belly en ont capturé un assez grand nombre d'individus sur la montagne d'Ambre (1). La présence de cette espèce dans le sud de Madagascar permet de croire qu'elle existe entre ces points extrêmes ; cependant, je ne sache pas qu'elle ait jamais été signalée dans l'intérieur de l'île.

50. *Rhacophorus anceps* n. sp.

J'hésite à donner un nom à ce *Rhacophorus* qui, à raison de son jeune âge, est encore dépourvu de dents vomériennes. Il me semble, toutefois, qu'on peut le reconnaître aux caractères suivants :

Museau court, de la longueur du diamètre horizontal de l'orbite, obtus à son extrémité ; narine ouverte plus près de celle-ci que de l'œil ; canthus rostralis mousse ; région frénale modérément oblique et un peu concave ; espace interorbitaire plus large que la paupière supérieure ; tympan peu distinct, petit, environ le tiers du diamètre de l'œil. Doigts terminés par des disques grands comme le tympan, le premier sensiblement plus grêle et plus court que le second, les deux externes au tiers palmés ; orteils à disques plus petits que ceux des doigts, largement palmés, à l'exception du quatrième ; tubercules sous-articulaires bien développés ; un tubercule métatarsien interne peu saillant, sans tubercule externe. Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tibio-tarsienne atteint la narine.

Face dorsale et gorge lisses ; face ventrale et face inférieure des cuisses granuleuses.

Toutes les parties supérieures sont d'un brun olive, plus clair sur les membres, qui sont barrés de brun et présentent, surtout sur le tibia et la face externe du tarse, des ponctuations blanc grisâtre. Deux larges raies d'un blanc pâle partent de l'anus, suivent les côtés du dos, passent sur la paupière supérieure et vont

(1) *Bull. Soc. Philom.* (8), t. VII, p. 131 (1894-95).

se réunir à l'extrémité du museau. Toutes les parties inférieures, de même que la lèvre supérieure, sont d'un brun pâle uniforme.

Un seul spécimen de Fort-Dauphin, mesurant 18 mm. de l'extrémité du museau à l'anus.

51. *Megalixalus madagascariensis*, D. B.

Trois spécimens de Tamatave.

52. *Megalixalus Boettgeri* n. sp.
Pl. II, fig. 2.

Museau court, arrondi, de la longueur du diamètre horizontal de l'œil, narine ouverte latéralement près de son extrémité; canthus rostralis obtus; région frénale modérément oblique, non concave, tympan indistinct; espace interorbitaire presque deux fois aussi large que la paupière supérieure, qui présente à son angle postérieur un lobe arrondi mobile, dirigé en bas, et, à son angle antéro-supérieur, une petite scissure n'intéressant que la couche superficielle de la paupière. Doigts palmés à la base, le premier plus court que le second; orteils presque complètement palmés, terminés, comme les doigts, par de petits disques; tubercules sous-articulaires petits, arrondis, assez saillants; un tubercule métatarsien interne en ovale allongé, peu saillant, sans tubercule externe. Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tibio-tarsienne atteint le bord antérieur de l'œil.

Face dorsale, gorge et face inférieure des cuisses lisses, face ventrale chagrinée, non granuleuse.

Chez l'un des deux spécimens que nous possédons, la face dorsale de la tête et du tronc, comme aussi de l'avant-bras, du tibia et du tarse est d'un vert pâle uniforme (1), avec une légère bordure brune sur les membres et le bord supérieur de l'anus; une ligne d'un brun plus sombre part de la narine, suit le canthus rostralis, puis le bord externe de la paupière, jusques et y compris le lobe qui la termine. Chez l'autre spécimen, toutes ces parties sont brun olive, sans bordure plus sombre sur les membres. La face inférieure tout entière, le bras et la cuisse ont une teinte couleur de chair; mais cette teinte est très claire et lavée de jaune chez le premier, tandis qu'elle l'est de brun chez le second.

Ces deux spécimens, dont le premier est une femelle, proviennent d'Isaka et mesurent respectivement 27 et 29$^{mm}$ de l'extrémité du museau à l'anus.

(1) Actuellement, après un long séjour dans l'alcool, la teinte est d'un vert bleuâtre sale.

Je dédie cette espèce au sympathique Professeur O. Boettger, à qui l'on doit la connaissance de nombreux Reptiles et Batraciens de Madagascar.

53. *Mantella Cowani* Boulgr.

Un spécimen de Fort-Dauphin.

54. *Dyscophus Alluaudi* Mocq.
Pl. II, fig. 3.

*Bull. Mus.*, 1901, p. 254.

Tête déprimée, beaucoup plus large que longue; museau tronqué, très court, plus court que l'espace interorbitaire, qui est presque deux fois aussi large que la paupière supérieure ; narine ouverte latéralement plus près de l'extrémité du museau que de l'œil ; canthus rostralis bien marqué ; région frénale oblique, concave ; tympan indistinct. Dents vomériennes en deux longues séries transversales en arrière des narines internes, presque en contact sur la ligne médiane, de chaque côté de laquelle elles décrivent une courbe convexe en arrière. Doigts libres, très courts, le second plus long que le premier ; un tubercule métacarpien interne ovalaire assez saillant. Orteils courts, également libres ; tubercules sous-articulaires peu développés ; tubercule métatarsien interne semblable au tubercule métacarpien, légèrement plus long ; pas de tubercule externe.

Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tarso-métatarsienne atteint l'œil.

Dos finement granuleux ; face ventrale et face inférieure des cuisses lisses. Un repli transversal (absent chez *D. Grandidieri* Boulgr et *D. beloensis* Mocq. (1)), convexe en avant, s'étend d'un côté à l'autre, en passant un peu en arrière du bord postérieur de la paupière, et rejoint à ses extrémités un repli plus épais bordé de noir qui va de l'œil au membre supérieur (comme chez *D. antongilii* Grand.).

Gris sombre en-dessus, plus clair inférieurement ; dessus du museau brun. Deux bandes latéro-dorsales brunes, irrégulières et disparaissant sur les flancs, se réunissent entre les yeux en une grande tache qui envoie une large barre au bord libre de la paupière. Une bande transversale noire se voit à l'aîne, une seconde un peu en arrière, et qui lui est presque parallèle, sur la racine du membre postérieur ; une barre sombre peu apparente sur l'avant-bras et le tibia ; nombreuses taches brunes sur les parties latérales

(1) Voir ci-dessous.

de l'abdomen et sur la face supérieure des cuisses ; face postérieure de ces dernières brune, avec des ocelles blanc grisâtre ; face inférieure du tibia et du pied d'un brun sombre.

Un spécimen de Fort-Dauphin, mesurant 46mm. de l'extrémité du museau à l'anus.

Il est à remarquer que chez cette espece, l'orifice de la narine interne est petit et arrondi, bien séparé des dents vomériennes, tandis que chez *D. antongilii*, il est allongé transversalement, et les dents vomériennes, qui offrent sensiblement le même aspect que chez *D. Alluaudi*, en forment le bord postérieur (1).

55. *Mantipus Hildebrandti* Peters.
*Sitzungsb. Akad. Wiss. Berlin*, 1883, p. 166.

Un spécimen de la forêt du sud de Madagascar, entre Isaka et la vallée d'Ambobo, mesurant 62mm de l'extrémité du museau à l'anus.

Il diffère du type spécifique par un tympan bien distinct, par un fort tubercule métacarpien interne, par la présence d'un repli étendu horizontalement au-dessus du tympan depuis l'angle postéro-supérieur de l'œil au niveau de la racine du membre antérieur ; enfin, par quelques particularités de coloration.

Notre spécimen, en effet, n'est pas d'un brun noirâtre uniforme : cette teinte offre des nuances.

La face dorsale est d'un brun sombre, la région temporale noire,

(1) Dans un précédent travail : *Nouvelle contribution à la Faune herpétologique de Madagascar* (*Bull. Soc. Philom.*, 9e sér., t. II, p. 111, 1900), j'ai rapporté avec doute à *Dyscophus insularis* Grand., un spécimen provenant des environs de Belo, tout en signalant les différences qui le séparaient de cette espèce et de *D. Grandidieri* Boulgr. Un spécimen de cette dernière forme récemment envoyé au Muséum par M. le Dr Decorse est venu m'éclairer sur la valeur de ces différences. Notre *Dyscophus* de Belo n'appartient ni à l'une ni à l'autre de ces deux espèces, pas plus qu'à *D. Alluaudi* et doit être considéré comme constituant le type d'une espèce nouvelle, *D. beloensis*, dont voici les caractères :

*Dyscophus beloensis* n. sp.
Pl. II, fig. 4.

Tête plus large que longue ; museau arrondi, un peu plus court que le diamètre horizontal de l'œil ; narine ouverte plus près de l'extrémité du museau que de l'œil ; canthus rostralis obtus ; tympan indistinct ; espace interorbitaire une fois et demie aussi large que la paupière supérieure ; dents vomériennes en arrière des narines internes, disposées en deux groupes transversaux sensiblement rectilignes et nettement séparés sur la ligne médiane. Doigts libres, relativement longs, le premier plus court que le second ; un petit tubercule métacarpien ; orteils au tiers palmés, les trois dernières phalanges du 4e libres ; tubercules sous-articulaires bien accusés ; tubercule métatarsien interne très développé, comprimé,

les flancs gris bleuâtre, la face ventrale brun marron avec de petites taches fauves qui existent aussi sur les lèvres. Une bande grisâtre s'étend d'un œil à l'autre. L'aîne est marquée d'un trait noir qui remonte en haut et en avant jusqu'à l'os iliaque, en s'élargissant en forme de massue ; enfin, quelques barres noires étroites se voient sur les membres postérieurs.

56. *Platyhyla verrucosa* n. sp.
Pl. II, fig. 5.

Tête très déprimée, notablement plus large que longue ; museau arrondi, très court, dépassant à peine le diamètre horizontal de l'œil, égal à la largeur de l'espace interorbitaire qui est beaucoup plus large que la paupière supérieure ; narine légèrement plus rapprochée de l'extrémité du museau que de l'œil, s'ouvrant latéralement ; canthus rostralis obtus ; tympan peu distinct. Langue large et allongée, entière, libre en arrière ; dents vomériennes disposées sur deux lignes étendues obliquement, derrière les narines internes, depuis le niveau du bord externe de ces orifices jusqu'à la ligne médiane où elles se recourbent en arrière, en formant un angle obtus ouvert en avant, et ne sont séparées que par un espace étroit. Doigts palmés à la base, le premier beaucoup plus court que le second, terminés par de grands disques tronqués, celui du troisième doigt, le plus grand, pouvant recouvrir l'œil tout entier ; un

tranchant ; pas de tubercule externe. Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tarso-métatarsienne dépasse légèrement la racine du membre antérieur.

Face dorsale finement chagrinée ; face inférieure lisse, granuleuse sous les cuisses. Un repli allant de l'œil au membre antérieur à peine indiqué ; pas de repli latéral ni de repli transversal post-céphalique.

Face dorsale d'un brun sombre uniforme, avec une étroite bande latérale un peu plus claire, mais peu distincte, allant de l'œil à l'aîne. Face inférieure d'un gris lavé de brun.

Un seul spécimen mesurant 38 mm. de l'extrémité du museau à l'anus.

Cette espèce diffère de *D. insularis* en ce qu'elle est dépourvue de repli transversal postcéphalique et de replis dorso-latéraux ; que le repli allant de l'œil à l'épaule est à peine indiqué ; que le membre postérieur est plus court et les orteils plus palmés ; enfin que la peau est finement chagrinée en dessus, sans granulations sur les flancs et sous l'abdomen.

Elle se distingue, d'autre part, de *D. Grandidieri* par les particularités suivantes : la narine est plus rapprochée de l'extrémité du museau que de l'œil (et non à égale distance de l'un et de l'autre) ; les dents vomériennes sont plus nettement séparées sur la ligne médiane ; l'espace interorbitaire est plus grand ; le premier doigt est plus court que le second ; le membre postérieur est également plus court ; il n'y a pas de repli glandulaire latéro-dorsal, et le repli allant de l'œil à l'épaule est à peine indiqué ; enfin, la coloration est différente.

Fig. 4.b

Fig. 3b

Fig. 2.

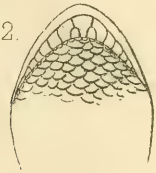


Fig. 1.

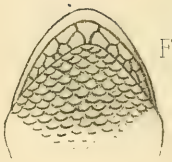


Fig. 4.

Fig. 3.

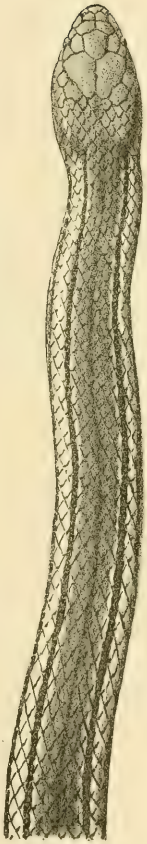


Fig. 3a

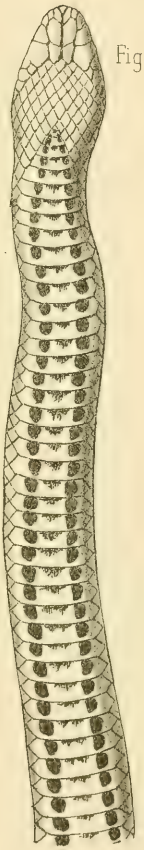


Fig. 4a

P.H. Fritel lith. Imp. Lemercier, Paris.

Fig. 1. Geckolepis typica, Grand.

— 2. ——— ——— *var.* anomala.

Fig. 3, 3 a-b, Idiophis Vaillanti, Mocq.

— 4, 4 a-b, Langaha Alluaudi, Mocq

P. H. Fritel lith. Imp. Lemercier, Paris

Fig. 1. Rhacophorus miniatus, n. sp. Fig. 3. Dyscophus Alluaudi, Mocq.

— 2. Megalixalus Boettgeri, n. sp. — 4. —— beloensis, n. sp.

Fig. 5. Platyhyla verrucosa, Mocq.

grand tubercule métacarpien interne ovalaire, un peu comprimé. Orteils au tiers palmés, terminés par des disques plus petits que ceux des doigts. Tubercules sous-articulaires et tubercule métatarsien interne peu saillants, celui-ci allongé, les premiers circulaires, déprimés.

Le membre postérieur étant dirigé en avant, l'articulation tibio-tarsienne atteint le tympan.

Face dorsale de la tête et du tronc couverte de tubercules verruqueux de toutes grandeurs, plus petits et plus serrés sur le museau.

Teinte sombre en dessus, avec espaces irréguliers plus clairs; face ventrale jaune sale, mouchetée de brun en arrière ; membres et doigts traversés en dessus par de larges barres brun noirâtre bien marquées.

Deux spécimens de Fort-Dauphin, le plus grand mesurant 58 mm de l'extrémité du museau à l'anus ; l'autre, encore jeune, 34.

Cette description concorde presque dans tous ses points avec celle de *Platyhyla grandis* Boulenger (1) et je ne vois d'autres différences essentielles à signaler que celles-ci :

Les dents vomériennes s'étendent en dehors jusqu'au bord externe des arrière-narines, au lieu de s'arrêter à l'angle interne ; la face dorsale tout entière est couverte de tubercules verruqueux, et non lisse ; l'espace interorbitaire est plus large ; enfin les membres, surtout les postérieurs, sont nettement barrés de brun noirâtre.

## RECTIFICATION

*Zonosaurus longicaudatus* Mocq. (*Bull. Soc. Phil.*, 9e sér., t. II, p. 106. 1899-1900) = *Z. Boettgeri* Steind. (*SB. Akad. Wien*, 1891, p. 299).

---

## EXPLICATION DES PLANCHES

### Planche I

Fig. 1. *Geckolepis typica* Grand.
2. — — var. *anomala*, n.
3, 3*a-b*. *Idiophis Vaillanti* Mocq.
4, 4*a-b*. *Langaha Alluaudi* Mocq.

### Planche II

Fig. 1. *Rhacophorus miniatus* n. sp.
2. *Megalixalus Boettgeri* n. sp.
3. *Dyscophus Alluaudi* Mocq.
4. — *beloensis* n. sp.
5. *Platyhyla verrucosa* n. sp.

(1) *Ann. Mag. Nat. Hist.* (5), t. IV, p. 247, 1889.

Sorti des presses en avril 1902.

# RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL CONDUCTEUR DANS LA RACINE DES ÉQUISÉTACÉES

par G. CHAUVEAUD

Les tubes criblés de la racine des Prèles présentent dans leur forme et leur disposition des caractères très marqués qui les ont fait reconnaître depuis longtemps. Ils ont été en particulier indiqués très exactement par mon excellent maître M. Van Tieghem dans les mémoires si importants qu'il a consacrés à la racine (1). Mais leur mode de formation n'a pas été décrit. Dans la présente note nous nous proposons de le faire connaître en suivant le développement de la racine à partir de la cellule initiale.

Nous laisserons complètement de côté tout ce qui est produit par le segment externe de la cellule initiale, n'ayant qu'à confirmer au sujet de la coiffe les résultats déjà publiés. En ce qui concerne l'écorce et la stèle, nous aurons à modifier sur quelques points la description, d'ailleurs si remarquable, donnée par Nägeli et Leitgeb (2).

## Premier Type (3).

Prenons pour premier exemple une radicelle très grêle, dont le développement, simplifié par la réduction du nombre de ses éléments, est plus facile à suivre. Chacun des trois segments internes issus de la cellule apicale, au lieu de se diviser par une cloison longitudinale plus ou moins radiale comme dans les Fougères, se divise par une cloison tangentielle (*a*. fig. 1) en une portion interne ou stélique, et une portion externe ou corticale. C'est seulement après cette séparation que chaque segment cortical se dédouble par une cloison longitudinale radiale (*b*, fig. 1) en deux parties égales, ce qui donne six segments corticaux semblables. Dans

(1) Ph. Van Tieghem, recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, *Ann. des Sc. nat.*, 5e série, t. XIII, p. 76. — Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes. *Ann. des Sc. nat.*, p. 394.

(2) C. Nägeli et H. Leitgeb : Entstehung und Wachsthum der Würzeln. *Beitrage zur wissenschaftlichen Botanik* (1868, p. 105).

(3) Nous emprunterons nos divers types à la même espèce (*E. ramosissimum*), mais nous les avons retrouvés chez toutes les espèces que nous avons pu étudier : *E. hiemale*, *limosum*, *molle*, *variegatum*, *maximum*.

chacun de ces six segments il se produit d'abord une cloison tangentielle (*c*, fig. 1) vers l'extérieur, puis une cloison tangentielle (*d*, fig. 1) vers l'intérieur, qui subdivisent l'écorce en trois régions.

La région externe demeure simple divisant seulement chacun de ses segments par deux cloisons longitudinales radiales. La région moyenne se dédouble par une cloison tangentielle en deux assises dont l'externe seule divise ses segments par deux cloisons longitudinales radiales. La région interne se dédouble plus tard par une cloison tangentielle (*e*, fig. 2) mais aucun de ses segments ne se divise radialement. Il résulte de ces divers cloisonnements que l'écorce est constituée en définitive par cinq assises dont les trois internes sont formées chacune de six cellules superposées en files radiales. Entre les cellules de ces trois assises, il se produit de très bonne heure des méats. Ceux de l'assise interne demeurent petits, mais les autres grandissent beaucoup, se rejoignent deux à deux, suivant le rayon, et forment des lacunes plus ou moins régulières qui séparent complètement l'une de l'autre les cellules internes de la région moyenne. La paroi des cellules en contact avec ces lacunes présente des épaississements spéciaux sur lesquels je me propose de revenir ailleurs. En même temps que ces lacunes prennent naissance, les plissements qui caractérisent l'endoderme des autres plantes apparaissent sur les cellules externes de la région interne. Tel est le développement de l'écorce. Revenons maintenant à la stèle.

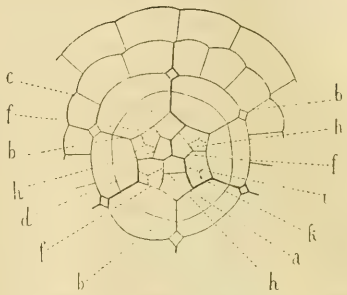



Fig. 1. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Premier Type. — Première phase.

*a*, cloison tangentielle cortico-stélique; *b*, première cloison longitudinale radiale de l'écorce; *c*, première cloison tangentielle de l'écorce; *d*, seconde cloison tangentielle de l'écorce; *f*, cloison longitudinale oblique divisant chaque tiers de la stèle en un petit secteur et un grand secteur; *h*, cloison tangentielle séparant le grand secteur en une cellule centrale et une cellule externe; *i*, cloison longitudinale peu oblique divisant la cellule mère primitive du tube criblé en deux cellules filles de taille inégale; *k*, cloison longitudinale oblique partageant la grande cellule fille précédente en un tube criblé et une cellule annexe. — G. × 330.

Pendant que les segments externes ou corticaux se divisent par des cloisons longitudinales radiales (*b*), les trois segments

internes ou stéliques se divisent chacun en deux par une cloison longitudinale oblique (*f*, fig. 1) qui part du milieu de la paroi externe et vient aboutir à la paroi radiale, au tiers de sa longueur comptée en partant du centre. Sur les coupes transversales, on voit alors ces six cellules stéliques, dont les trois grandes réunies au centre alternent avec les trois petites qui en sont séparées.

Cette disposition est semblable à celle de la racine des Fougères en ce qui concerne la stèle, mais la différence profonde que présentent les deux racines, tient à ce que dans les Fougères le cloisonnement radial des trois segments primitifs issus de l'initiale précède le cloisonnement tangentiel qui sépare l'écorce de la stèle, tandis que dans les Prèles c'est l'inverse qui a lieu, le cloisonnement radial suit comme nous l'avons dit, le cloisonnement tangentiel. La séparation plus précoce de l'écorce et de la stèle semble indiquer une indépendance plus grande entre ces deux régions et pour mieux marquer cette indépendance, il s'établit immédiatement une alternance entre les cellules stéliques et les cellules corticales et cette alternance se maintient dans la suite avec une constance et une régularité qui est la caractéristique de la racine des Prèles.

Chez les Fougères au contraire, le cloisonnement radial intéressant à la fois la stèle et l'écorce, non encore séparées, il en résulte que les cellules corticales internes sont superposées très régulièrement aux cellules stéliques. Cette superposition, particulière aux Filicinées, offre un contraste frappant avec l'alternance des Equisétacées.

Ce caractère a beaucoup frappé Nägeli et Leitgeb. Ces auteurs, admettant que la formation des six secteurs précède, comme dans les Fougères, la séparation de la stèle et de l'écorce, ont cherché à expliquer l'alternance des Prèles de diverses manières. Toutefois ils ne furent point satisfaits de leurs explications, et, dans leur description, ils reviennent à plusieurs reprises sur ce point avec une insistance particulière.

Chacun des trois grands secteurs stéliques se subdivise par une cloison tangentielle (*h*, fig. 1) donnant une cellule externe et une cellule centrale.

Jusqu'ici tout était symétrique autour de l'axe de la racine. A partir de ce moment il en est autrement et l'on doit décrire à part ce que devient chaque secteur.

Pour simplifier la description, orientons les coupes dans la position donnée à la figure 1 et désignons les secteurs par la situation

qu'ils présentent sur cette figure. Le grand secteur inférieur est formé de deux cellules superposées qui demeurent indivises et se différencieront plus tard directement en vaisseaux (*v*, v, fig. 2). Le petit secteur supérieur demeure également indivis et son unique cellule deviendra un vaisseau (*v*, fig. 2) diamétralement opposé aux précédents.

Chacun des petits secteurs latéraux se comporte de la façon suivante. Il se divise par une cloison longitudinale un peu oblique (*i*, fig. 1) en deux cellules inégales dont la plus grande correspond à l'intersection de deux cellules endodermiques. Ensuite cette grande cellule fille se divise à son tour par une cloison très oblique (*k*, fig. 1) en deux cellules dont l'externe est un futur tube criblé (*t*). Ce tube criblé peu à peu s'insinue également vers l'intérieur, entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère, et vers l'extérieur, entre les deux cellules endodermiques à l'intersection desquelles il correspond. Le tube criblé et les deux cellules qui l'emboîtent vers l'intérieur, et que l'on peut dès à présent appeler ses cellules annexes (*n*, fig. 2), forment un ensemble dont le contour se confond avec celui du petit secteur qui demeure toujours très facile à distinguer. On peut donc regarder ce petit secteur comme une cellule mère primitive qui, par un double cloisonnement, donne naissance à un tube criblé et à ses deux cellules annexes.

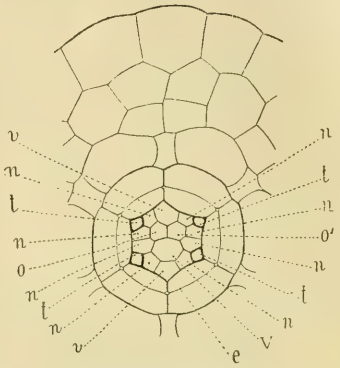



Fig. 2. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Premier Type. — Deuxième phase.

*e*, cloison tangentielle dédoublant l'écorce interne en endoderme et assise sus-endodermique ; *n*, cellule annexe du tube criblé ; *o*, cellule centrale ; *t*, tube criblé ; *v*, premier vaisseau ou vaisseau externe ; V, second vaisseau ou vaisseau central. — G. × 330.

Remarque. — Les mêmes lettres ont dans toutes les figures la même signification. Les cloisons indiquées en pointillé sont dans toutes les figures de formation récente.

Les deux grands secteurs latéraux sont formés chacun de deux cellules dont la centrale (*o*, fig. 2) demeure indivise, tandis que l'externe se divise par une cloison peu oblique en deux cellules inégales, puis la grande cellule fille se divise à son tour par une

cloison très oblique en deux autres cellules dont l'externe s'intercale, d'une part, entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère, et d'autre part, entre les deux cellules endodermiques, à l'intersection desquelles elle correspond. Cette cellule est un futur tube criblé (*t*) et les deux cellules (*n*) qui l'emboîtent vers l'intérieur sont ses cellules annexes. En résumé, la cellule externe du grand secteur latéral se comporte exactement comme le petit secteur latéral; elle donne comme lui naissance à un tube criblé et à ses deux cellules annexes et cette production se fait de la même manière.

Peu après leur formation les tubes criblés se différencient; leur paroi transversale acquiert des ponctuations bien marquées en même temps que leur paroi longitudinale s'épaissit beaucoup, sauf en de petites plages un peu irrégulières où elle paraît plus transparente. Quand ces tubes criblés ont acquis leur différenciation maximum (*t*, fig. 2), ils présentent sur les coupes transversales un aspect tout à fait remarquable. Ils ont une forme losangique bien régulière, leur paroi est épaissie surtout aux angles où elle fait vers l'intérieur une petite saillie arrondie. Ils apparaissent sur les coupes avec d'autant plus de netteté que tous les autres éléments ne présentent encore aucune différenciation, ainsi qu'on en peut juger par l'examen des figures.

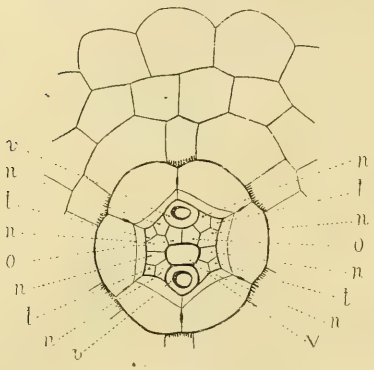



Fig. 3. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).
Premier Type. — Troisième phase.
G. × 330.

Cet état de différenciation maximum a une courte durée. Ensuite la paroi des tubes criblés perd peu à peu ses caractères, son revêtement interne s'atténue de plus en plus, de telle sorte que sur les coupes transversales plus âgées la paroi longitudinale des tubes criblés (*t*, fig. 3) ne se distingue plus par aucune différence de la paroi des cellules annexes. La forme carrée ou losangique des tubes qui persiste, au moins dans la plupart des cas, et surtout leur situation à l'intersection des deux cellules endodermiques permet de les reconnaître toujours avec certitude.

Longtemps après, la cellule externe supérieure et la cellule externe inférieure se différencient en vaisseaux (*v*, fig. 3) et plus tard enfin la cellule centrale inférieure se différencie à son tour en un vaisseau (v, fig. 3) de taille beaucoup plus grande que les premiers. Les deux autres cellules centrales (*o*, fig. 3) demeurent sans différenciation spéciale et représentent le conjonctif.

Cette racine lors de son complet développement présente donc deux faisceaux ligneux centripètes opposés alternes avec deux faisceaux libériens.

Au point de vue de l'origine, le faisceau ligneux inférieur formé de deux vaisseaux est produit par le grand secteur inférieur; le faisceau ligneux supérieur réduit à un seul vaisseau dérive directement du petit secteur supérieur. Dans le faisceau libérien gauche, le tube criblé supérieur avec ses cellules annexes est produit par la cellule externe du grand secteur gauche, tandis que le tube criblé inférieur avec ses annexes dérive du petit secteur gauche. Dans le faisceau libérien droit le tube criblé supérieur est produit pareillement par la cellule externe du grand secteur droit et le tube criblé inférieur avec ses cellules annexes par le petit secteur droit. Enfin des deux cellules centrales formant le conjonctif, celle de droite appartient au grand secteur droit, celle de gauche au grand secteur gauche, et elles sont au point de vue de l'origine semblables chacune au grand vaisseau central qui appartient au grand secteur inférieur.

Nous constatons donc que l'un des trois segments ne prend aucune part à la formation des vaisseaux, tandis que les deux autres segments produisent chacun un faisceau ligneux et un tube criblé.

Ce type de racine a été décrit par Nägeli et Leitgeb (1) qui ont très exactement figuré les diverses cloisons de la stèle. Mais ces auteurs ont signalé seulement les deux vaisseaux externes ; en outre, ils ne font aucune mention relative aux tubes criblés.

Remarquons enfin que cette racine possède, d'une part, six cellules endodermiques ; d'autre part, quatre tubes criblés et deux premiers vaisseaux.

Connaissant le mode de formation d'une radicelle très grêle, nous allons maintenant étudier une racine née directement de la tige dans laquelle les éléments en plus grand nombre exigent une description plus compliquée (2). Il nous faut d'ailleurs distinguer

(1) *Loc. cit.*

(2) D'après Nägeli et Leitgeb, on ne peut dans ce cas suivre avec certitude la marche du cloisonnement dans la stèle (*loc. cit.*, p. 109).

deux cas au point de vue de la formation tant de l'écorce que de la stèle. En effet, tantôt les cloisons radiales qui partagent les segments corticaux dans toute leur épaisseur atteignent immédiatement leur nombre définitif, de telle sorte que le nombre des cellules des trois assises internes de l'écorce est désormais fixé ; tantôt au contraire ces cellules n'atteignent pas immédiatement leur nombre définif, certaines d'entre elles, se divisant, ultérieurement par des cloisons radiales. Ce cloisonnement tardif retentit sur la stèle ainsi que nous le verrons et cela nous oblige à distinguer deux modes de formation.

Ces deux modes de formation se trouvent d'ailleurs souvent sur la même plante. Ils paraissent être sous l'influence des causes extérieures ; la racine formant immédiatement tous les éléments semblables, quand sont réunies les conditions favorables à son développement rapide ; dans le cas contraire, son extrémité demeure grêle et c'est plus lentement qu'elle acquiert son diamètre définitif. Nous allons d'abord considérer ce dernier cas.

### Deuxième Type.

La séparation de l'écorce et de la stèle se fait tout d'abord comme précédemment, car c'est là un caractère général dans les racines des Prèles, puis chaque segment cortical se divise par une cloison longitudinale radiale (*b*, fig. 4). A partir de ce stade il convient de distinguer les divers segments primitifs parce que leur développement n'est pas identique. Le segment cortical inférieur (1) demeure dédoublé par une seule cloison radiale tandis que les deux segments supérieurs prennent une seconde cloison radiale (*b'*) et se trouvent subdivisés chacun en trois parties égales. Chacune des huit parties ainsi formées se divise ensuite par une cloison tangentielle externe (*c*), puis par une seconde cloison tangentielle interne (*d*), de façon à former ensemble trois régions concentriques ; l'externe demeure simple comme dans l'exemple précédent, la région moyenne se subdivise successivement par trois cloisons (*d' d''*) tangentielles centrifuges de façon à donner quatre assises. La région interne se comporte comme dans l'exemple précédent; elle se dédouble plus tard par une seule cloison tangentielle (*e*, fig. 5) en deux assises. Dans la région externe l'assise unique (exoderme) forme dans chacun de ses segments une ou plusieurs cloisons radiales; il en est de même pour les assises externes de la région

(1) Nous orientons les coupes de la même manière que dans le premier exemple, afin de simplifier la description.

moyenne, tandis que son assise interne se comporte comme les deux assises de la région interne, c'est-à-dire ne prend aucune cloison radiale, au moins immédiatement. Ces trois assises corticales internes demeurent donc formées chacune de huit cellules exactement superposées suivant le rayon.

Dans la stèle chacun des trois segments se divise d'abord par une cloison longitudinale oblique (*f*, fig. 4) qui part du milieu de sa paroi tangentielle et vient aboutir à sa paroi radiale au tiers de sa longueur comptée à partir du centre. Cela donne, comme dans le premier exemple, six secteurs disposés dans le plan transversal de telle façon que les trois grands, seuls réunis au centre, alternent régulièrement avec les trois petits.

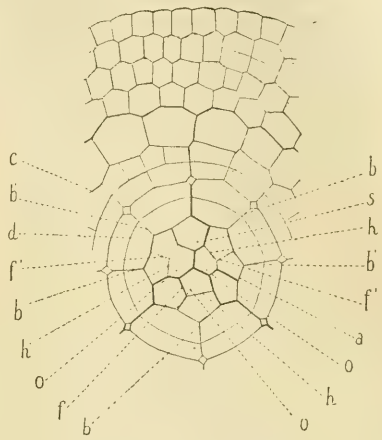



Fig. 4. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Deuxième Type. — Première phase.

*b'*, seconde cloison longitudinale radiale de l'écorce ; *f'*, cloison longitudinale radiale partageant la cellule externe d'un grand secteur ; *s*, petit secteur supérieur. — G. × 300.

Chacun des grands secteurs se divise par une cloison tangentielle (*h*) en une cellule centrale (*o*) et une cellule externe. C'est là le stade auquel s'est arrêté le cloisonnement dans notre premier exemple. A partir de ce moment, il faut considérer à part le développement de chaque secteur. Chacun des deux petits secteurs latéraux se dédouble par une cloison tangentielle (*h'*, fig. 5) en une cellule interne (D) et une cellule externe. Le petit secteur supérieur (*s*, fig, 5) grandit beaucoup, mais ne se cloisonne pas encore. La cellule centrale du grand segment inférieur grandit beaucoup sans se cloisonner jamais ; on peut de suite la distinguer de toutes les autres, car elle est destinée à se différencier directement en un vaisseau qui sera le grand vaisseau central (V). Les deux autres cellules centrales (*o*, fig. 5) appartenant aux deux grands segments latéraux se divisent par une cloison radiale donnant ensemble quatre cellules centrales (*o'*, fig. 5).

A ce moment (fig. 5), la stèle est donc ainsi constituée. Cinq cel-

lules centrales dont la plus grande (V) appartient au grand secteur inférieur, les quatre autres (*o'*) appartenant deux par deux aux deux grands secteurs latéraux. Deux cellules internes (D), fournies par les deux petits secteurs latéraux. Huit cellules externes fournies : l'inférieure (C) par le grand secteur inférieur, la supérieure (*s*) par le petit secteur supérieur, les deux latérales supérieures de chaque côté (C') par le grand secteur latéral correspondant, la latérale inférieure de chaque côté par le petit secteur latéral correspondant. Ces huit cellules externes alternent très régulièrement avec les huit cellules corticales internes de telle façon que le rapport entre la stèle et l'écorce que nous avons constaté dans le premier exemple se retrouve ici.

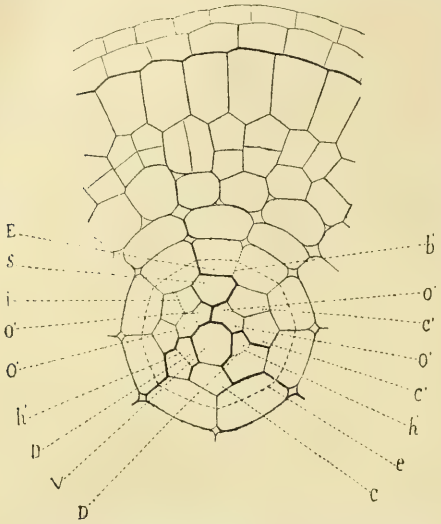



Fig. 5. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Deuxième Type. — Deuxième phase.

C, cellule externe du grand secteur inférieur; *c*, cellule externe du grand secteur latéral; *h'*, cloison tangentielle séparant les petits secteurs latéraux en une cellule interne (D) et une cellule externe; *o'*, cellule provenant du cloisonnement radial d'une cellule centrale (*o*); D, cellule interne; E, endoderme — G. × 300.

Le petit secteur supérieur (*s*) ayant pris une grande taille surtout vers la droite, les cellules corticales internes superposées ont elles aussi pris une largeur correspondante et bientôt ces trois cellules corticales superposées se divisent ensemble par une cloison radiale (*b'*, fig. 5). Cela porte à neuf le nombre des divisions radiales des assises internes de l'écorce.

Aussitôt après, le petit secteur supérieur (*s*) se dédouble à son tour par une cloison radiale (*f'*, fig. 6) en deux cellules externes dont celle de droite demeure indivise et se différenciera plus tard directement en vaisseau (*v*, fig. 6), tandis que l'autre va se comporter autrement. Les deux cellules externes (C') de chacun des grands sec-

teurs latéraux se divisent par une cloison peu oblique (*i*, fig. 5) en deux cellules inégales ; la plus grande des deux cellules filles ainsi produites se divise ensuite par une cloison très oblique (*k*, fig. 5) en deux cellules dont l'externe (*t*) s'insinue également d'une part entre sa cellule sœur et la cellule sœur de sa cellule mère, d'autre part entre les deux cellules endodermiques à l'intersection desquelles elle correspond. En un mot, chacune de ces quatre cellules externes est une cellule mère primitive d'un tube criblé et de ses deux cellules annexes. La cellule externe du petit secteur inférieur gauche donne de même un tube criblé et ses deux cellules annexes. La cellule externe récemment formée par le petit secteur supérieur se comporte pareillement, ce qui nous donne pour le côté gauche quatre tubes criblés accompagnés chacun de deux cellules annexes. La cellule externe du petit secteur latéral droit donne aussi naissance à un tube criblé et à deux cellules annexes disposées comme d'ordinaire, mais bientôt après la cellule annexe inférieure s'élargit beaucoup.

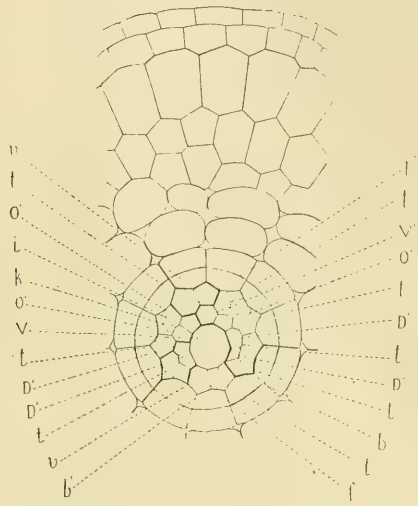


Fig. 6. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Deuxième Type. — Troisième phase.

D', cellule provenant du cloisonnement radial d'une cellule interne; V'. vaisseau provenant du dédoublement d'une cellule centrale. — G. × 300.

Les cellules corticales superposées à cette dernière cellule annexe s'élargissent de leur côté et se divisent ensuite par une cloison radiale (*b'*, fig. 6) en deux cellules de même taille, ce qui élève à dix le nombre des cellules endodermiques.

La grande cellule annexe se comporte à son tour comme cellule mère primitive d'un tube criblé et de ses deux cellules annexes et l'on a à droite un quatrième tube criblé inséré vers l'extérieur entre les deux cellules endodermiques nouvelles et vers l'intérieur

entre deux cellules annexes dont la supérieure est commune aux deux tubes criblés voisins. Pendant que ce développement s'effectue à droite, la cellule externe (C) du grand secteur inférieur jusque-là demeurée indivise, prend une grande taille surtout vers la gauche.

Les cellules corticales superposées s'élargissent aussi, puis se divisent par une cloison radiale (*b'*, fig. 6), en deux cellules de même taille, ce qui élève à onze le nombre des divisions radiales des assises internes de l'écorce.

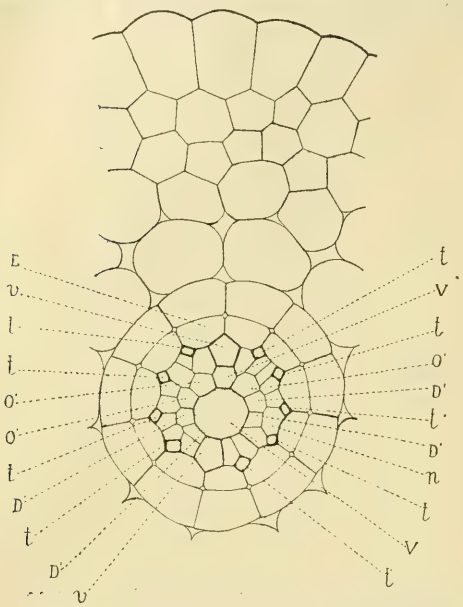



Fig. 7. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Deuxième Type. — Quatrième phase.

*t*, tube criblé dans sa phase de différenciation maximum. — G. × 300.

La cellule externe (C) à son tour se comporte de la même façon que le petit secteur (*s*) diamétralement opposé, c'est-à-dire qu'elle se divise par une cloison radiale (*f*, fig. 6) en deux cellules dont l'une, celle de gauche, devient directement un vaisseau (*v*), tandis que l'autre donne naissance à un tube criblé et à deux cellules annexes.

Chacune des deux cellules internes (D, fig. 5) se dédouble par une cloison radiale nous donnant en définitive quatre cellules internes (D', fig. 6) qui demeurent à l'état de conjonctif. Des quatre cellules centrales (*o'*, fig. 5) la supérieure de droite provenant du grand secteur du même côté se différencie tardivement en un vaisseau central (V', fig. 6 et 7) qui se place en dedans du vaisseau externe supérieur (*v*), tandis que sa cellule sœur, de même que les deux autres cellules centrales du grand secteur gauche, restent à l'état de cellules de conjonctif (*o'*, fig. 6 et 7).

Peu après leur formation, ces divers tubes criblés se différencient ainsi que nous l'avons expliqué dans le premier exemple, et, quand

ils ont atteint la phase de leur différenciation maximum (*t*, fig. 7) ils présentent un aspect bien caractéristique. Cette phase est assez courte ; les tubes criblés perdent peu à peu leur différenciation, et sur les coupes transversales âgées, leur paroi longitudinale ne se distingue plus de la paroi des cellules annexes.

Ensuite, les vaisseaux externes ou premiers vaisseaux (*v*) se différencient, leur paroi acquiert une grande épaisseur ; puis les vaisseaux centraux (V, V') se différencient plus tard encore.

Pendant ce temps, l'écorce présente des modifications analogues à celles que nous avons déjà indiquées ; la seconde assise corticale prend les plissements caractéristiques et des lacunes allongées suivant le rayon se forment entre les cellules de l'assise qui lui est superposée.

En définitive, quand cette racine a achevé son complet développement elle possède deux faisceaux ligneux centripètes réunis au centre en une bande diamétrale et deux faisceaux libériens alternes. Le faisceau ligneux inférieur est formé de deux vaisseaux qui appartiennent au même secteur et dont le central (V) atteint une grande taille. Le faisceau ligneux supérieur est formé de deux vaisseaux de taille peu différente, mais dont le premier appartient au petit secteur supérieur, tandis que le central (V') est fourni par le grand secteur droit.

Le faisceau libérien gauche est formé de quatre tubes criblés accompagnés de leurs cellules annexes, produits le supérieur par le petit secteur supérieur, l'inférieur par le petit secteur gauche et les deux autres par le grand secteur gauche.

Le faisceau libérien droit comprend cinq tubes criblés accompagnés de leurs cellules annexes, sauf deux d'entre eux qui ont d'un côté une cellule annexe commune. Les deux tubes criblés supérieurs sont produits par le grand secteur droit, l'inférieur provient du grand secteur inférieur et les deux autres qui ont une cellule annexe commune sont issus du petit secteur droit.

Enfin, le conjonctif est formé de sept cellules : quatre cellules internes (D'), deux de chaque côté, fournies par les deux petits secteurs latéraux et trois cellules centrales (*o'*) fournies deux à gauche par le grand secteur gauche et une à droite par le grand secteur droit.

Nous pouvons constater que les cellules endodermiques sont maintenant au nombre de onze et que les tubes criblés (*t*) ajoutés aux vaisseaux externes ou premiers vaisseaux (*v*, fig. 7) sont en nombre égal. Il y a en effet, quelle que soit la racine considérée, le même

rapport constant entre les cellules endodermiques d'une part, et les premiers tubes criblés et les premiers vaisseaux d'autre part. En désignant par N le nombre des cellules endodermiques, par m le nombre des premiers tubes criblés et par n le nombre des premiers vaisseaux, on a la relation suivante :

$$N = m + n.$$

H. Campbell a remarqué (1) que les groupes de bois et de liber correspondent généralement au nombre des cellules endodermiques. Ainsi formulée, cette remarque ne s'applique exactement que dans les cas peu nombreux où chaque faisceau libérien comprend un seul premier tube criblé ; or, dans la grande majorité des racines des Prèles, un faisceau libérien possède plusieurs premiers tubes criblés.

Dans la description que nous venons de faire du développement de cette racine nous avons réuni, comme dans le premier exemple, les cloisonnements propres aux six cellules mères primitives des tubes criblés, cela afin d'éviter des répétitions et de faire mieux saisir la généralité du mode de formation des tubes criblés, mais dans la réalité ces cloisonnements se font dans un ordre moins régulier. Ainsi la cellule mère supérieure de gauche, par exemple, a réalisé son double cloisonnement alors que la cellule mère inférieure de droite est encore indivise.

### Troisième Type.

Passons maintenant au cas où la racine acquiert immédiatement toutes les cloisons radiales que doivent posséder les assises internes de l'écorce. Nous allons prendre pour exemple une racine réalisant lors de son développement complet la disposition décrite par M. Van Tieghem comme type de la structure des Prèles (2). Cette racine appartient à l'*E. ramosissimum* et non à l'*E. variegatum*, mais le mode de formation est semblable.

La stèle se sépare de l'écorce par une cloison tangentielle (*a*, fig. 8), puis aussitôt après se forment les cloisons longitudinales radiales (*b*, *b'*, fig. 8) qui divisent chaque segment cortical d'abord en deux, puis en quatre parties égales. Ensuite une cloison tangentielle externe (*c*, fig. 8), puis une cloison tangentielle interne (*d*) partagent l'écorce en trois régions : une externe, une moyenne et une interne. La région externe demeure simple, la région interne se dédouble

(1) H. Campbell : The Structure and Development of the Mosses and Ferns. (London 1895, p. 450).

(2) *Loc. cit.*

plus tard par une cloison tangentielle (*e*, fig. 11) en deux assises comme dans les exemples précédents. La région moyenne se divise par des cloisons tangentielles centrifuges (*d'*, *d''*, fig. 10) de façon à donner cinq assises.

Chaque segment de l'exoderme se divise par trois cloisons longitudinales radiales de manière à présenter (fig. 10)dans le plan transversal quatre cellules exodermiques pour une cellule endodermique, car dans le mode de formation que nous décrivons en ce moment les cellules de la région interne ne se dédoublent plus radialement. Il en est ainsi d'ailleurs pour l'assise interne de la région moyenne tandis que les autres assises de cette région se dédoublent radiale-

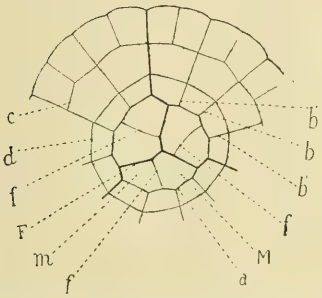



Fig. 8.—Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Troisième Type. — Première phase.

M, grand secteur; *m*, petit secteur; F, cloison primitive de la cellule initiale de la racine. — G. × 300.

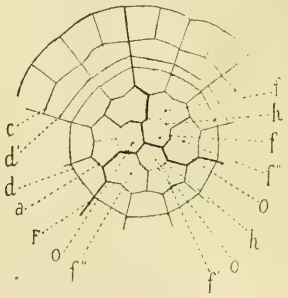



Fig. 9.—Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Troisième Type. — Deuxième phase.

f'', cloison longitudinale radiale subdivisant le petit secteur. — G. × 300.

ment une ou plusieurs fois. A l'état de développement complet ces assises externes corticales forment un tissu assez serré présentant peu ou pas de méats, dans lequel l'arrangement primitif des éléments en files radiales n'est pas conservé.

L'assise interne de la région moyenne et les deux assises de la région interne demeurent superposées cellule par cellule formant ensemble douze séries radiales régulières. Ces assises présentent toujours entre leurs cellules des méats (*p*, P, P', fig. 13), qui offrent une assez grande régularité. C'est en dehors de l'assise plissée que se trouvent les plus grands méats (P, P') qui, dans la suite, arrivent à former de grandes lacunes séparant complètement entre elles les cellules superposées à l'assise plissée.

Les trois segments de la stèle se divisent par une cloison longi-

tudinale oblique (*f*, fig. 8) en deux cellules inégales de façon à donner six secteurs, disposés en alternance comme précédemment.

Chaque grand secteur se partage par une cloison tangentielle (*h*, fig. 9) en deux cellules, l'une centrale, l'autre externe. Chaque cellule externe se divise en deux par une cloison radiale ; chaque petit secteur se divise aussi par une cloison radiale, ce qui nous donne en dehors des trois cellules centrales douze cellules stéliques de même taille alternant très régulièrement avec les douze cellules endodermiques. Nous retrouvons donc là encore le rapport constant entre la stèle et l'écorce que nous avons déjà signalé. Les deux cellules de chacun des petits secteurs se divisent par une cloison tangentielle (*h*", fig. 10) en une cellule interne (D, fig. 10) et une cellule externe. La cellule externe la plus éloignée du grand secteur frère se divise aussi par une cloison tangentielle (*h*", fig.10) en une cellule interne (D) et une cellule externe. L'autre cellule demeure indivise et est destinée à se différencier plus tard directement en un vaisseau (*v*). Jusqu'ici tout était symétrique, les trois segments se comportant de la même manière. A partir de ce moment, il faut considérer à part chaque secteur.

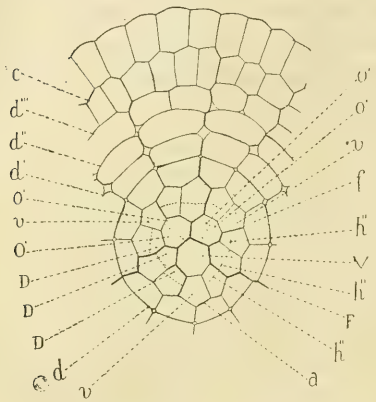



Fig. 10. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).

Troisième Type. — Troisième phase.

*h*", cloison tangentielle séparant une cellule interne D et une cellule mère primitive du tube criblé ; *d*', *d*", *d*"', cloisons tangentielles successives de l'écorce moyenne. — G. × 300.

Des trois cellules centrales (*o*, fig. 9), celle qui appartient au grand secteur inférieur, demeure indivise et peut être distinguée dès à présent, car elle doit devenir directement le grand vaisseau central (V, fig. 10) ; les deux autres se divisent chacune en deux par une cloison radiale donnant quatre cellules centrales (*o*', fig. 10). Si nous récapitulons les cellules dont se compose maintenant la stèle nous trouvons : cinq cellules centrales dont une grande (V) et quatre petites (*o*') groupées deux à deux ; neuf cellules internes (D), groupées trois par trois et neuf cellules externes pareillement

groupées, superposées en dehors des précédentes avec lesquelles elles forment trois groupes séparés l'un de l'autre par une cellule demeurée indivise (*v*).

Les trois cellules externes non subdivisées sont destinées à se différencier beaucoup plus tard en vaisseaux (*r*, fig. 12 et 13). Les quatre autres cellules centrales (*o'*) et les neuf cellules internes (D) resteront en général indivises et formeront le conjonctif. Les neuf cellules externes ont toutes le même sort ; elles doivent être considérées comme les cellules mères primitives des premiers tubes criblés et de leurs cellules annexes. Chacune d'elles, en effet, se dédouble par une cloison peu oblique (*i*, fig. 11) en deux cellules filles dont l'une correspond à l'intersection de deux cellules endodermiques. Cette dernière, un peu plus tard, se sépare en deux par une cloison très oblique (*k*, fig. 11) qui se rend du milieu de la cloison peu oblique précédente à la paroi externe de façon à donner une cellule polygonale plus ou moins irrégulière vers l'intérieur et une cellule externe de forme losangique. Cette dernière (*t*) est le futur tube criblé. Ce tube criblé s'intercale vers l'intérieur entre sa cellule sœur (*n*) et la cellule fille non dédoublée (*n*) et vers l'extérieur entre deux cellules endodermiques. Il prend peu à peu une forme losangique caractéristique, et quand il acquiert sa différenciation maximum (*t*, fig. 12), sa paroi transversale se transforme en un crible dont on voit nettement les ponctuations ; sa paroi longitudinale s'épaissit beaucoup surtout aux angles où l'épaississement forme une sorte de saillie arrondie à l'intérieur du tube, ainsi que le montre la figure.

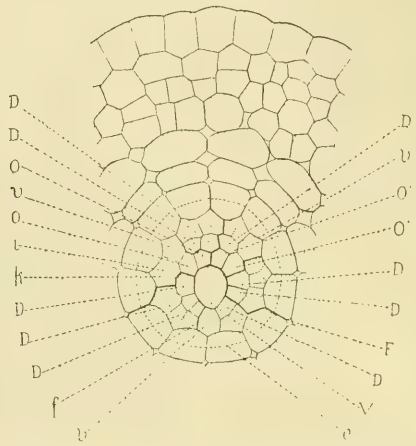


Fig. 11. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).
Troisième Type. — Quatrième phase.
G. × 300.

Cet état de différenciation maximum dure peu, mais toujours le tube criblé demeure facilement reconnaissable grâce à sa forme

et à son intercalation régulière entre deux cellules endodermiques.

Plus tard, les trois cellules externes demeurées indivises se différencient en vaisseaux, grandissent un peu et prennent en section une forme arrondie (*v*, fig. 13).

Plus tard encore, la grande cellule centrale se différencie à son tour en un vaisseau (V, fig. 13) qui demeure toujours beaucoup plus grand que les précédents.

Dans notre racine, arrivée à son développement complet, nous

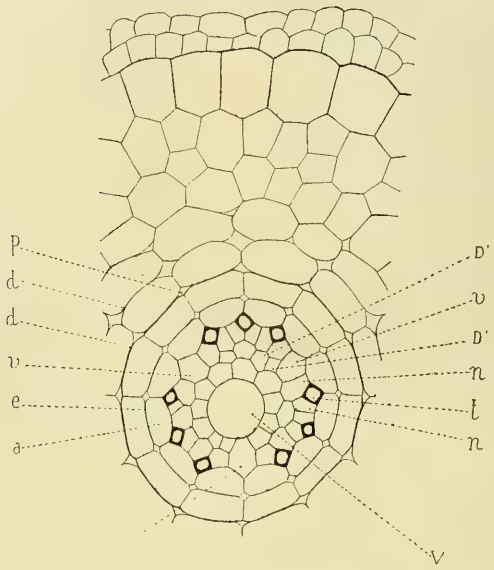



Fig. 12. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).
Troisième Type. — Cinquième phase.

P, méat de l'assise sus-endodermique ; *t*, tube criblé dans sa phase de différenciation maximum ; D', cellule de conjonctif provenant du dédoublement d'une cellule interne (D). — G. × 300.

avons donc trois premiers vaisseaux séparés l'un de l'autre par trois tubes criblés intercalés chacun entre deux cellules annexes, ou mieux trois faisceaux ligneux alternes avec trois faisceaux libériens.

Le faisceau ligneux inférieur centripète est formé de deux vaisseaux (*v*, V) superposés suivant le rayon dont le central atteint (V) une grande taille. Ces deux vaisseaux sont produits par le grand secteur inférieur. Le faisceau ligneux droit réduit à un seul

vaisseau (*v*) fourni par le grand secteur droit, le faisceau ligneux gauche réduit à un seul vaisseau (*v*) fourni par le grand secteur gauche. Chaque faisceau libérien est formé de trois tubes criblés (*t*) dont deux sont produits par un petit secteur, le troisième étant fourni par le grand secteur frère.

Enfin les neuf cellules internes (D) demeurent à l'état de conjonctif ainsi que les quatre cellules centrales (*o'*). Ces quatre cellules correspondent deux à deux au grand vaisseau central, de telle

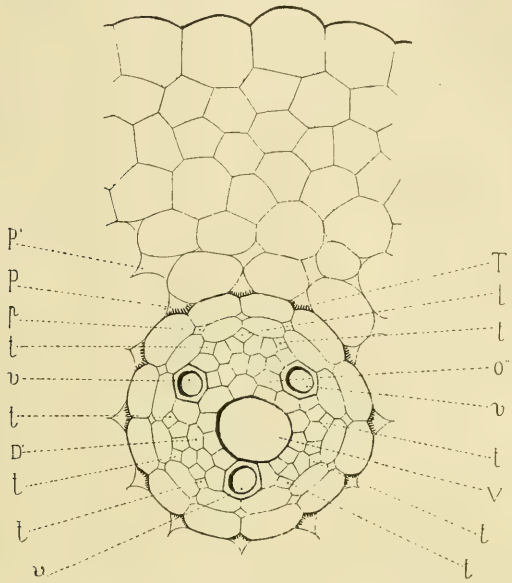



Fig. 13. — Coupe transversale de la racine (*E. ramosissimum*).
Troisième type. — Sixième phase.

O", cellule de conjonctif provenant du dédoublement d'une cellule O'; *p*, méat de l'assise endodermique; P', méat de l'assise interne de l'écorce moyenne; T, épaississements de la paroi sus-endodermique produits tardivement dans les méats intercellulaires. — G. × 250.

sorte, que si l'on supposait à leur place deux vaisseaux centraux, l'appareil conducteur atteindrait dans cette racine une symétrie complète par rapport à l'axe, et cette symétrie existerait pendant toutes les phases de son développement.

En effet, en prenant pour point de départ la cellule initiale de la racine, nous constatons que chacun de ses trois segments produit un premier vaisseau et trois tubes criblés disposés de la même

manière. Mais, tandis que les deux segments supérieurs donnent chacun deux cellules centrales de conjonctif, le segment inférieur produit un seul élément, le grand vaisseau central.

Le mode de formation des tubes criblés que nous venons de décrire dans ces trois types se retrouve dans toutes les racines des diverses espèces de Prèles que nous avons pu examiner. Il est fort différent de celui que présente la racine des autres Cryptogames vasculaires. Dans les Filicinées par exemple, le tube criblé se différencie directement sans formation de cellules annexes. C'est là un caractère différentiel entre ces deux groupes.

Mais d'autre part, ce mode de formation est identique à celui qu'on rencontre dans certaines Phanérogames, en particulier dans les Graminées. Nous avons insisté autrefois (1) sur la régularité de forme et de situation que ce mode de formation imprime aux premiers tubes criblés de la racine. Les vaisseaux eux-mêmes présentent dans la racine de ces deux groupes de plantes un certain nombre de particularités semblables. Il est intéressant de constater cette similitude profonde entre les Graminées et les Prèles.

Il y a lieu d'établir un quatrième type pour les racines d'*Equisetum* présentant quatre faisceaux ligneux. De même, il faut signaler la multiplication des divers éléments qui se produit souvent dans les grosses racines des types précédents. De nouveaux tubes criblés peuvent se former aux dépens d'une ou de plusieurs cellules annexes qui en général se cloisonnent une seule fois pour les produire. De nouveaux vaisseaux peuvent s'ajouter, dans un ou plusieurs faisceaux ligneux, aux dépens des cellules mères des premiers vaisseaux. Enfin les cellules du conjonctif peuvent se dédoubler encore comme on le voit (en O" et D', fig. 13) augmentant le nombre de ses éléments. Mais ce sont là des variations particulières qui n'apportent aucune restriction aux conclusions générales suivantes.

(1) Sur le développement du faisceau libérien de la racine des Graminées. *Bull. du Mus. d'Hist. Nat.* (1895, t. 1, p. 209).

## CONCLUSIONS

Les résultats nouveaux contenus dans ce travail peuvent se résumer ainsi en ce qui concerne la racine des Prèles (*Equisetum*).

1° La séparation de l'écorce et de la stèle précède la formation des six secteurs, au lieu de la suivre comme dans les Fougères, d'où l'alternance au lieu de la superposition des éléments corticaux et stéliques.

2° A partir de la formation des six secteurs, on doit distinguer plusieurs types de développement.

3° Malgré leur séparation précoce il y a toujours entre la stèle et l'écorce un rapport constant. L'ensemble des premiers tubes criblés (m) et des premiers vaisseaux (n) est toujours égal au nombre (N) des cellules endodermiques.

$$N = m + n$$

4° Les premiers tubes criblés sont toujours accompagnés de deux cellules annexes.

5° Le mode de formation du premier tube criblé avec ses deux cellules annexes, par le double cloisonnement d'une cellule mère primitive, est identique à celui que l'on rencontre dans beaucoup de Phanérogames, en particulier chez les Graminées.

Sorti des presses en avril 1902.

# SUR LE TESTICULE D'*ANUROPHORUS LARICIS* NIC.

par A. LÉCAILLON.

L'examen des différents caractères des Collemboles, particulièrement de leur ovaire, semble permettre de considérer ces petits Insectes comme se rattachant à une forme ancestrale plus ancienne et plus simple que celle des autres Hexapodes (voir à ce sujet : Willem, 1900 et Lécaillon, 1901).

L'étude du testicule des mêmes animaux ne saurait donc non plus manquer d'être intéressante. Elle est du reste encore à faire à peu près complètement, sauf en ce qui concerne la forme extérieure de l'organe reproducteur mâle dont quelques observations dues à Tullberg (1872), Lubbock (1873) et Willem (1900) ont fait connaître les principales dispositions.

Je décrirai ici le testicule d'*Anurophorus laricis* en considérant successivement la forme et la structure de l'organe à l'état très jeune, puis les modifications qui surviennent quand l'animal grandit et passe à l'état adulte.

## I. Testicule a l'état très jeune.

La forme extérieure du testicule à ce stade a été représentée par Willem (fig. 7, Pl. 5 du mémoire de cet auteur). L'organe reproducteur mâle est alors constitué par une petite masse ovoïde, effilée à son extrémité antérieure et se prolongeant en arrière par un filament. Le filament de droite s'unit à celui de gauche et il part, du point de jonction, un conduit impair et médian se rendant à l'orifice génital. L'ensemble de l'appareil est placé dans la région ventrale de l'abdomen de l'animal.

J'ajouterai que cette forme est celle des jeunes testicules non seulement des Collemboles, mais de tous les Insectes. Elle représente également l'aspect général des très jeunes ovaires des mêmes animaux. La situation ventrale des ébauches testiculaires (comme des ébauches ovariennes) est au contraire caractéristique des Collemboles. Chez les autres Insectes elle ne se constate le plus souvent que pendant la période embryonnaire, les testicules se déplaçant ensuite vers la région dorsale.

A l'intérieur de la masse ovoïde des ébauches testiculaires on

trouve, suivant la règle, un certain nombre de *cellules gonadiales* ou *spermatogonies primitives*. La paroi du sac qui contient ces éléments est constituée au contraire par de petites cellules d'origine mésodermiques semblant fusionnées en un syncytium. Extérieurement, une membrane basale délimite nettement ce dernier. Les prolongements antérieur et postérieur de la petite masse ovoïde doivent être considérés comme de simples émanations de la paroi de celle-ci, sauf la région représentant les conduits déférents qui est, comme toujours, produite par une invagination ectodermique.

## II. Évolution ultérieure du testicule.

### a. *Forme extérieure.*

A mesure que l'animal grandit, le testicule augmente de volume. Mais il conserve toujours une forme extrêmement simple. La petite poche qui, au stade très jeune décrit ci-dessus, contenait les cellules gonadiales ou spermatogonies primitives, s'agrandit dans tous les sens de manière à prendre peu à peu la forme d'un gros tube s'étendant en arrière jusqu'à l'extrémité du corps et en avant jusque dans la région thoracique. La figure 1, ci-jointe, représente l'appareil reproducteur mâle lorsqu'il a pris son complet développement. Chaque tube testiculaire a à peu près une forme cylindrique sur la plus grande partie de sa longueur. En avant il se rétrécit un peu, puis se termine par une pointe effilée, *f*, comme à l'état très jeune ; mais cette pointe est maintenant située dans la région thoracique de l'animal. En arrière il se divise en deux lobes, un lobe externe, *le*, et un lobe interne, *li*. Le premier conserve un grand diamètre jusqu'à son extrémité qui est arrondie ; il s'avance jusqu'au niveau de l'ouverture sexuelle, c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'avant-dernier anneau abdominal. Le second, d'abord aussi large que le précédent, se rétrécit ensuite et bientôt se continue par un conduit déférent très court.

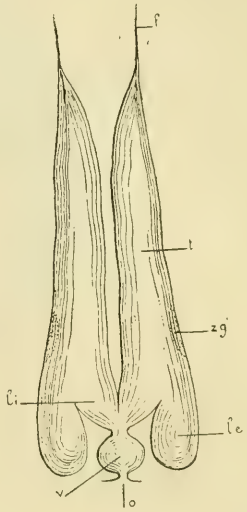



Fig. 1. — Schéma montrant la forme de l'appareil reproducteur mâle, à peu près adulte, d'*Anurophorus laricis*. *f*, filament terminal ; *t*, tube testiculaire ; *zg*, zone germinative ; *le*, lobe externe ; *li*, lobe interne ; *v*, vésicule éjaculatrice ; *o*, orifice sexuel.

Les deux conduits déférents s'unissent en un conduit éjaculateur lui-même très court qui va directement à l'orifice génital. Sur son trajet, le conduit éjaculateur se renfle en une vésicule éjaculatrice très volumineuse, indiquée en *v*.

b. *Évolution des cellules gonadiales.*

A mesure que le tube testiculaire grandit, les cellules gonadiales se multiplient très activement de manière à remplir toujours la cavité du tube. Elles passent alors par les stades successifs qui caractérisent, chez tous les animaux, la transformation des spermatogonies en spermatozoïdes. Les détails se rapportant à ces

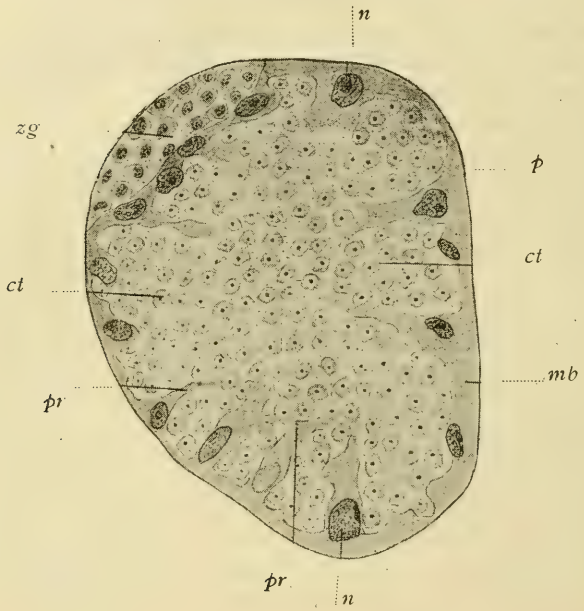



Fig. 2. — Coupe transversale, très grossie, d'un testicule d'*Anurophorus laricis*. *zg*, zone germinative ; *mb*, membrane basale ; *ct*, cellules testiculaires (*spermatides*) ; *pr*, prolongements intratesticulaires ; *p*, paroi testiculaire ; *n*, noyaux de la paroi testiculaire.

divers stades ne peuvent guère être étudiés ici, par suite de l'extrême petitesse des cellules ; tout ce qui se rapporte au rôle spécial des chromosomes, des centrosomes, sphères attractives,

fuseaux de division, ne peut pas être précisé dans ces conditions défavorables. On peut dire que les Collemboles, au point de vue de l'étude des transformations par lesquelles passent soit les ovules proprement dits, soit les spermatozoïdes, sont de très mauvais exemples à prendre. Mais, à d'autres points de vue, leurs organes génitaux n'en offrent pas moins un grand intérêt.

Chez *Anurophorus laricis*, les cellules provenant de la multiplication des spermatogonies primitives se différencient toutes *synchroniquement*, à l'exception d'un groupe spécial qui restent à l'état de spermatogonies pour constituer une *zone germinative*, laquelle pourra fonctionner de nouveau plus tard.

Cette zone germinative, *z g*, se trouve située un peu en arrière de la région moyenne du tube testiculaire, c'est-à-dire en une région qui correspond tout à fait à la situation qu'occupait dans l'abdomen la petite chambre gonadiale des jeunes ébauches sexuelles. Cette zone germinative s'étend sur une faible longueur (voir la figure 1) et non pas sur *toute* la longueur du testicule. Sur une coupe transversale de ce dernier, on remarque qu'elle s'appuie contre le bord dorsal et s'étend un peu latéralement du côté externe (Fig. 2).

Le fait que les modifications des cellules gonadiales qui se transforment en spermatozoïdes se font simultanément et avec la même vitesse pour chaque cellule, produit ce résultat que, suivant le moment où on le considère, le tube testiculaire est rempli soit de spermatozoïdes à peu près mûrs, soit de spermatides, etc. Dans la Fig. 2, toutes les cellules testiculaires sont au stade de spermatides.

### c. *Évolution de la paroi testiculaire.*

Les petites cellules qui constituaient la paroi des ébauches testiculaires se développent aussi pendant la croissance de l'organe mâle. Elles se présentent en outre toujours comme fusionnées en une couche syncytiale commune dans laquelle les noyaux seuls restent séparés les uns des autres (Fig. 2). L'épaisseur de la couche syncytiale s'accroît fortement, tandis que les noyaux eux-mêmes deviennent très volumineux. En même temps, de larges proéminences de la couche syncytiale s'avancent dans l'intérieur du tube testiculaire, et des noyaux identiques à ceux qui restent dans la paroi proprement dite s'y rendent également. Ces proéminences s'avancent parfois jusque dans la région axiale du testicule. Bien qu'elles soient irrégulières de forme, d'aspect, de longueur, elles ne semblent pas s'anastomoser jamais les unes avec les autres. Elles ne forment donc ni réseau au sens strict du mot, ni alvéoles

complètes. Elles retiennent assez fortement les matières colorantes, circonstance qui est favorable pour leur observation.

Les noyaux volumineux contenus soit dans la paroi testiculaire proprement dite, soit dans les proéminences qui en partent, sont très riches en granulations chromatiques. Ils renferment aussi un nombre variable de nucléoles identiques à ceux que j'ai signalés dans le noyau des cellules vitellogènes de l'ovaire des Collemboles. Parfois, on ne trouve qu'un de ces nucléoles dans chaque noyau.

Quand la maturité des spermatozoïdes est proche, les proéminences que je viens de signaler, ainsi que les noyaux contenus, entrent en dégénérescence. Ces éléments se liquéfient peu à peu et disparaissent à peu près complètement. Mais il reste toujours, sur la membrane basale, une couche protoplasmique inaltérée, avec un certain nombre de noyaux également restés vivants.

Après l'émission des spermatozoïdes mûrs, la zone germinative fonctionne de nouveau et est le siège d'une nouvelle production de spermatogonies. Celles-ci sont elles-mêmes l'origine d'une nouvelle série de spermatozoïdes. La paroi testiculaire se comporte, pendant cette nouvelle poussée génitale, de la même manière que précédemment. Il est intéressant de remarquer que bien que l'accouplement des Collemboles n'ait jamais été nettement observé, l'examen histologique du testicule permet d'affirmer que chez ces animaux chaque mâle s'accouple certainement plusieurs fois pendant la saison de la reproduction (1). Je rappellerai à ce propos que l'examen histologique de l'ovaire conduit à une conclusion semblable relativement à la ponte des œufs.

## Conclusions

Me proposant d'examiner en détail les divers caractères du testicule des Collemboles dans un travail ultérieur portant sur l'ensemble de ces Insectes, je me bornerai à énoncer, ci-après, les principaux traits caractéristiques du testicule d'*Anurophorus laricis*.

1° Pendant toute sa croissance, le testicule conserve une forme extrêmement simple. C'est un simple tube portant à sa partie postérieure et externe un petit lobe dirigé d'avant en arrière. Cette

(1) Il est permis d'expliquer que l'on n'ait guère vu jusqu'ici de Collemboles s'accoupler, par ce fait qu'ils n'ont pas d'organes spéciaux d'accouplement. Le rapprochement des sexes doit, par suite, être très simple et très rapide. En outre, il doit se produire pendant que les animaux sont dans l'obscurité; on n'a donc que peu de chance de le constater quand on s'adresse à des individus artificiellement placés à la lumière.

forme n'est pas identique à celle que Willem décrit chez *Podura aquatica*, où il y a, sur le tube testiculaire, cinq lobes situés du côté interne et dirigés d'arrière en avant.

2° En avant, le tube testiculaire se termine toujours par une partie filamenteuse homologue du filament qui prolonge antérieurement l'ovaire et qui est sans doute lui-même homologue du filament de Müller qui termine les gaines ovariques des Insectes supérieurs.

3° Les spermatogonies, pendant la durée d'une poussée des éléments reproducteurs, subissent simultanément les différentes modifications qui les amènent à l'état de spermatozoïdes. A tout instant, le tube testiculaire tout entier renferme donc des cellules au même stade de différenciation.

4° Il reste dans le testicule une zone germinative capable de fonctionner de nouveau après l'expulsion des spermatozoïdes arrivés à maturité. Le même mâle doit donc s'accoupler non pas une seule, mais deux ou plusieurs fois.

5° La zone germinative est localisée sur un espace très restreint, à peu près dans la région où étaient les cellules gonadiales dans les jeunes ébauches testiculaires.

6° La paroi testiculaire est munie d'une membrane basale vers l'extérieur, tandis qu'elle envoie de larges proéminences vers l'intérieur du testicule. Ces proéminences ont été vues chez *Achorutes* par Prowazek (1900) et par Willem chez *Podura aquatica*. Elles correspondent au *réseau intraovarien* et au *réseau intratesticulaire* que j'ai signalés dans mon travail sur l'ovaire des Collemboles. J'ai employé ces expressions parce que dans les cas les plus différenciés les proéminences en question présentent, sur les coupes, l'aspect d'un réseau. Mais afin d'éviter des mots qui paraissent impliquer l'existence d'une disposition très spéciale à l'ensemble de ces prolongements, alors qu'au contraire cet ensemble peut revêtir des formes diverses, je pense qu'il est préférable de se servir des expressions de *prolongements intraovariens* et de *prolongements intratesticulaires*.

7° Dans le cas d'*Anurophorus laricis*, comme dans tous les autres cas, la paroi testiculaire et les prolongements intratesticulaires ont certainement pour rôle de distribuer les matériaux nutritifs aux cellules contenues dans le testicule, et de modifier chimiquement ces matériaux nutritifs de manière à les rendre assimilables. Le grand développement des noyaux (plasma nucléaire, chromatine, nucléoles) appuie cette manière de voir.

8° La manière dont se comporte la paroi testiculaire d'*Anuro-*

*phorus laricis* (et des autres Collemboles en général) permet de mieux comprendre la structure du testicule des autres Insectes. On peut en effet facilement homologuer les parois des ampoules testiculaires, ainsi que la cellule de Verson et les éléments qui en dérivent, avec les prolongements intratesticulaires des Collemboles.

9° Tous les caractères de l'appareil reproducteur mâle d'*Anurophorus laricis* (absence d'appareil copulateur, simplicité du tube testiculaire, situation complètement et toujours ventrale de ce dernier, etc.), montrent qu'on a affaire à un Insecte très primitif.

---

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Lécaillon A. (1901). — Recherches sur l'ovaire des Collemboles. *Arch. d'anat. microscopique*, t. IV.

Lubbock J. (1873). — Monograph of the Collembola and Thysanura. *R. Society*, London.

Prowazek S. (1900). — Bau und Entwickelung der Collembolen. *Arb. aus den Zool. Instit. der Univ. Wien*, Bd. XII.

Tullberg T. (1872). — Sveriges Podurider. *Kongl. svenska vetenskops-Akademiens Handlingar*, Bd. 10.

Willem V. (1900). — Recherches sur les Collemboles et les Thysanoures. *Mémoires publiés par l'Académie royale des sc., l. et Beaux-Arts de Belgique*, t. LVIII.

Sorti des presses en avril 1902.

---

# LE *PERIPATUS ECUADORENSIS*

par M. E.-L. BOUVIER

Le Péripate que j'ai désigné sous le nom de *Peripatus ecuadorensis* (1) m'a été fourni par M. Rosenberg de Londres, au mois de décembre 1901; il fut capturé à Bulim, au nord-ouest de l'Equateur, sur le versant pacifique des contreforts des Andes, à la faible altitude de 60 pieds anglais (18 mètres); par son habitat, il est donc bien franchement andicole. Dans une note publiée aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (T. 134, p. 56), j'ai signalé ses principaux caractères (nombre des pattes et des papilles pédieuses, position des orifices urinaires anormaux) et observé qu'il représente l'une des formes les plus archaïques de tout le groupe des Onychophores. L'étude qui va suivre démontrera, je l'espère, la vérité de cette assertion.

Forme et dimensions. — L'exemplaire femelle qui constitue le type de l'espèce présente son maximum de largeur au début du quart terminal du corps; il se rétrécit progressivement en avant jusqu'à la tête, beaucoup plus lentement en arrière, sauf au niveau des trois dernières paires de pattes où il s'arrondit brusquement; la surface est assez régulièrement convexe, et représente en coupe transversale un demi-cercle légèrement déprimé. Les dimensions de l'animal sont plutôt fortes : la longueur est de 67 mm. sans les antennes, la largeur de 9 mm.

Coloration. — Médiocrement bien conservé, l'exemplaire avait, par endroits, perdu de sa coloration. Toutefois, on peut affirmer que la teinte générale du dos est le brun noirâtre uniforme, avec un pointillé noir qui correspond aux grandes papilles principales, et une ligne médiane dorsale un peu plus foncée. Pas traces de losanges dorsaux; mais il est possible qu'une bande assez large et un peu sombre se trouve à droite et à gauche de l'axe médian dorsal. En dehors, les pattes présentent sensiblement la même coloration que les flancs; en dedans, elles ont la même teinte que la face ventrale qui est d'un gris fuligineux prononcé. Les soles-

(1) E.-L. Bouvier, Observations nouvelles sur l'origine et l'évolution des Péripates. *Comptes-rendus Acad. des Sc.*, T. CXXXIV, p 55; 1902.

pédienses et les pieds sont peut-être un peu plus noirâtres. Les antennes sont presque noires, à peine un peu plus claires en avant. Les lèvres sont grises, mais il est possible que cette teinte soit due à la matière pigmentaire diffluente des régions voisines. Les organes ventraux et l'organe frontal ont à peu près la même couleur que les téguments où ils se trouvent.

Téguments. — La *ligne claire* est très évidente, du moins au microscope, et s'atténue ou disparaît au fond des plis. Les *organes clairs* sont également très nets ; ils confluent rarement, mais présentent encore des restes de petites écailles.

Les *papilles* dorsales sont vraisemblablement cylindriques à l'état turgescent, mais la plupart sont contractées dans le spécimen type et, sans doute à cause de ce fait, présentent la forme d'un cône à sommet très obtus ; beaucoup de papilles des pattes et plusieurs grosses papilles du dos sont dévaginées et franchement cylindriques dans leur moitié terminale ; elles présentent à leur sommet, comme de coutume, un cône apical sétifère. Les papilles principales sont de trois sortes : les unes très grandes et éparses çà et là sur certains plis, les autres moyennes et également peu nombreuses, les autres ordinaires et qui recouvrent presque partout les téguments. Ces dernières passent par tous les degrés aux précédentes, mais les grandes sont toujours fort nettement distinctes : elles ont un diamètre basilaire de 250 à 300 μ tandis que le diamètre basilaire des papilles normales est ordinairement de 150 μ. Les papilles accessoires sont très rares.

Les plis dorsaux ne se bifurquent pas sur les flancs au niveau de chacune des pattes, ou du moins ces bifurcations paraissent d'une rareté extrême et ne se produisaient qu'au voisinage immédiat de l'appendice. On trouve d'ailleurs 12 plis dans chaque segment, tout comme chez les espèces où la bifurcation se produit normalement loin des pattes. A ce point de vue, par conséquent, le *P. ecuadorensis* présente des plissements plus réguliers que la plupart des autres espèces d'Onychophores ; pourtant çà et là, sans règle aucune, on voit certains plis de la peau s'atténuer en pointe et tantôt s'arrêter franchement, tantôt s'élargir de nouveau pour se continuer au-delà ; ces plis anormaux sont rares dans tous les points du corps.

Les *plis* du corps sont de deux sortes qui alternent très régulièrement sur toute la longueur du dos : les uns, sur lesquels sont localisés les très grandes papilles, les autres (ordinairement un peu plus étroits) où ces dernières sont remplacées par des papilles

moyennes. A droite et à gauche de la ligne médiane dorsale, la première grande papille de chacun des premiers plis se trouve alternativement près ou un peu éloignée de la ligne claire, d'ailleurs à des distances de cette dernière qui varient légèrement d'un pli à l'autre. Plus en dehors, les grandes papilles sont séparées les unes des autres par une série de 4 à 10 papilles ordinaires, au milieu desquelles s'élève une papille moyenne et parfois deux ou trois papilles accessoires. Sur les plis intermédiaires où les grandes papilles sont remplacées par des papilles moyennes, ces dernières sont distribuées assez irrégulièrement au milieu des papilles ordinaires dont, au surplus, elles ne se distinguent pas toujours facilement. Dans tous les plis, les papilles principales quelles qu'elles soient sont toujours régulièrement unisériées, mais il n'est pas rare de voir des papilles accessoires sur leurs flancs, en dehors de l'alignement général.

Les plis ventraux sont irréguliers et occupés par des séries variables de papilles coniques dont les plus grandes n'ont guère que 60 à 70 μ de diamètre; la plupart sont de taille moins grande et appartiennent au groupe des papilles accessoires. Il y a d'ailleurs tous les passages entre ces deux sortes de papilles. Les organes ventraux sont très développés et situés dans une dépression ordinairement profonde; ils sont représentés par une ligne transversale dénudée, aux deux extrémités de laquelle on aperçoit encore, le plus souvent, les centres des deux organes conjugués en un seul. Il y a certainement aussi des organes préventraux, mais je n'ai pu les observer convenablement à cause de la disparition de la cuticule ventrale.

Les *stigmates* ont la forme d'un entonnoir dont le diamètre est de 30 ou 40 μ à l'orifice; les écailles tégumentaires se prolongent assez loin à l'intérieur de cet entonnoir. Ils sont très nombreux du côté dorsal, un peu moins sur la face ventrale et deviennent plus rares à mesure qu'on se rapproche des pattes. D'ailleurs ils sont distribués sans aucun ordre; j'en ai trouvé jusqu'à 13 par millimètre carré dans les régions où ils sont le plus abondants. Est-ce parce que mes préparations se trouvaient être mieux réussies ou à cause de la multiplicité absolue et relative bien réelle des stigmates, que ces derniers m'ont paru plus nombreux dans l'espèce de Bulim que dans les autres? Je penche évidemment pour cette dernière hypothèse, mais sans affirmer complètement.

Région céphalique. — L'*œil* est d'un noir grisâtre dans le spécimen type de l'espèce et mesure 370 μ sur 240; il est enchâssé, du

côté interne, entre deux lignes convergentes de petites papilles qui se réunissent pour servir de point de départ à l'arceau oculaire, qui forme une spirale de deux tours. Le premier tour est constitué par de grosses papilles, il présente en dessous et en dehors un *organe frontal* très allongé qui correspond à 5 ou 6 papilles fusionnées; à partir de cet organe, les papilles deviennent rapidement plus petites et disparaissent complètement un peu après que l'arceau a dépassé l'œil; le deuxième tour vient ensuite et se présente sous la forme d'un bourrelet chitineux qui vient se perdre à son origine, c'est-à-dire un peu en dedans de l'œil. En dehors du premier tour de cette spire se voit l'arceau infra-oculaire qui commence vers le bout postérieur de l'organe frontal, embrasse l'œil en arrière et vient se terminer, sans se clore complètement, vers le bout antérieur de l'organe; dans sa moitié postérieure, cet arceau est composé de grosses papilles, tandis qu'il n'en présente que de

B A C

Fig. 1. — Lame externe de la mandibule: A. *Peripatus ecuadorensis* 18/1; B. *Per juliformis* var. *Gossei* 64/1; C. *Peripatoides oviparus* 64/1.

petites dans sa moitié antérieure. En dedans de l'œil, un fragment d'arceau, composé de petites papilles, vient s'intercaler entre l'arceau oculaire et l'arceau infra-oculaire. L'arceau frontal se perd en dehors et en dessus avant d'arriver à l'œil, en dessous vers le milieu de la base des antennes; en fait, il ne constitue guère qu'un demi-arceau, dont les papilles ne deviennent réellement grosses que dans la région inter-antennaire. Les papilles frontales ne se continuent pas, dans cette région, entre les deux arceaux frontaux.

Les *antennes* sont relativement très allongées dans le type de l'espèce; elles s'atténuent beaucoup dans leur tiers distal, mais se dilatent légèrement à l'extrémité pour former la petite massue terminale. Cette dernière comprend, outre le bouton du sommet, six grands arceaux contigus et serrés; elle se rattache au reste de l'antenne par une région intermédiaire où l'on voit alterner trois ou quatre fois de suite un grand et un petit arceau; le reste de l'antenne est surtout formé de grands arceaux entre lesquels

viennent s'intercaler des replis annulaires chitineux qui sont parfois munis de papilles et qui deviennent alors de petits arceaux. De la base au sommet chaque antenne ne compte pas moins de 54 à 56 grands arceaux.

L'*orifice buccal* était très déformé dans l'exemplaire type de l'espèce, mais je crois pouvoir affirmer que ses bourrelets labiaux sont en même nombre et disposés de la même manière que dans les autres Péripates andicoles. La *langue* est armée, sur la ligne médiane, de onze denticules assez forts et munie, de chaque côté, de dix denticules bien plus petits. Quelle que soit leur dimension et la place qu'ils occupent ces denticules sont tous perforés.

Les *mandibules* sont semblables des deux côtés : leur lame externe (fig. 1, A) est armée d'une longue griffe et de deux ou trois dents accessoires aiguës; leur lame interne présente une forte griffe, deux dents accessoires (fig. 4, A), obliquement tronquées en dehors, d'une troisième fort petite située en dedans des précédentes et une scie de 7 ou 8 denticules; la première dent de cette scie est à peu près identique à la seconde dent accessoire, elle est presque sur la même ligne et comme elle en est séparée simplement par une dent basse formant diastème (fig. 2), on conçoit qu'il suffirait d'un léger allongement de cette dernière pour rendre l'armature complète de la lame absolument identique à celle des *Peripatoides* et des *Peripatoïdes* (voir fig. 4) ; en d'autres termes, l'armature de cette lame n'est pas encore nettement différenciée en dents accessoires et en scie comme dans les autres espèces du genre *Peripatus*. J'ajouterai que les denticules de la scie ne s'atténuent pas du côté interne comme dans les autres *Peripatus*, et qu'à leur suite vient se placer un lobe assez large mais inerme, qui se rencontre assez fréquemment chez les Onychophores où la différenciation en scie ne s'est jamais produite.

Fig. 2. — *Peripatus ecuadorensis*, lame interne de la mandibule (dents accessoires et premières dents de la scie) 142/1.

A ces deux points de vue, la lame mandibulaire interne de *P. ecuadorensis* est donc particulièrement intéressante.

Pattes. — Les pattes de l'exemplaire type sont au nombre de 39 paires, toutes parfaitement formées, fortes et cylindro-coniques.

Les *soles pédieuses* sont larges et, dans presque toutes les pattes, se composent de cinq arceaux bien développés; la longueur de ces arceaux va en augmentant du 1er ou arceau distal jusqu'au 3e, elle se maintient sur le 4e et diminue sur le dernier qui est, d'ailleurs, un peu moins large que les autres. Le pied présente, du côté interne, deux paires de protubérances symétriques, elles-mêmes divisées en deux saillies ; comme de coutume, ces protubérances sont munies de soies : 2 ou 3 sur les protubérances basilaires, de 3 à 6 sur celles qui sont plus rapprochées des griffes. Les *papilles terminales* du pied paraissent être en nombre variable ; jamais je n'en ai vu moins de quatre (2 en avant et 2 en arrière), plus souvent j'en ai aperçu cinq (3 en avant, 2 en arrière) et sur un grand nombre de pattes il y en avait six (3 en avant et 3 en arrière). On doit admettre en conséquence, ou bien que ce nombre de papilles n'est pas encore fixé, ou bien qu'il est normalement de 6, mais que certaines papilles peuvent se rétracter au point de n'être plus apparente. L'étude des embryons permet de penser que cette dernière opinion est, de beaucoup, la plus probable.

Les *fentes coxales* du spécimen sont très longues et fort apparentes, mais en petit nombre seulement sont un peu dévaginées; quand elles le sont tout à fait, elles doivent certainement former de grandes vésicules coxales. On en observe sur toutes les pattes. Les orifices urinaires normaux ne présentent rien de particulier.

Les *orifices urinaires anormaux* (ceux des pattes IV et V) sont situés au centre d'un lobe arrondi qui se rattache en avant et en bas au 3e arceau des soles, mais qui proémine un peu vers le haut, non sans repousser d'une manière sensible l'arceau suivant. Ce tubercule est un peu en arrière de l'axe des soles et divise le 3e arceau en deux parties inégales, dont la postérieure, qui est la plus courte, reste complètement isolée.

Les pattes de la 1re paire ont des soles réduites à quatre arceaux ; celles de la dernière en présentent trois et celles de l'avant-dernière, quatre; toutes les autres pattes ont des soles à cinq arceaux.

Anatomie et développement. — Bien que cette espèce me paraisse l'une des plus primitives de tout le groupe des Onychophores, elle ne diffère pas sensiblement des autres *Peripatus* américains par son anatomie et son développement. Dans le *système nerveux*, elle se fait remarquer par la dimension assez forte des tubercules ventraux annexés aux centres cérébroïdes, par la grosseur et l'indépendance de la commissure sous-œsophagienne, et par l'absence à peu près complète, sauf en arrière, de tous renflements segmen-

taires des cordons latéraux ; ces derniers sont réunis ventralement dans chaque anneau, par 8 ou 9 commissures transversales et émettent en dehors, au même niveau, 6 ou 7 branches nerveuses, sans compter les deux puissants nerfs pédieux ; en arrière, au niveau de la 34e paire de pattes, les cordons se renflent un peu, puis s'atténuent sensiblement pour se diriger vers l'anus ; à partir de ce point, les renflements segmentaires deviennent assez nets.

Le *rectum* se distingue très nettement par son calibre réduit, et par son épaisseur, de l'intestin moyen ; il présente en dehors, du côté dorsal, deux forts bourrelets longitudinaux qui se prolongent vers l'intestin moyen et, du côté ventral, dans sa moitié postérieure, une forte cloison mésentérique qui le rattache aux téguments. Les *glandes salivaires* sont médiocrement larges et, comme de coutume, s'atténuent progressivement en arrière pour se terminer au niveau des pattes de la 36e paire ; le réservoir annexé à chacune de ces glandes se trouve normalement situé au-dessous et un peu en dedans des cordons nerveux ; il a la forme d'une large vésicule largement arrondie en arrière et se termine au niveau des pattes de la 3e paire.

Les *organes urinaires* des pattes IV et V occupent un peu plus de la longueur de l'anneau qui les porte, et ne paraissent pas plus développés que ceux des autres Onychophores ; le canal des organes de la 4e paire de pattes décrit un lacet annulaire en avant, tandis que celui des pattes de la paire suivante forme ce lacet en arrière. Les autres néphridies sont tout à fait normales, sauf peut-être celles des pattes antérieures et postérieures, qu'il ne m'a pas été possible d'étudier.

Les *ovaires* étaient situés ventralement dans le spécimen que j'ai étudié, mais ils présentaient en arrière un long funicule qui se fixait au plancher péricardique à un niveau compris entre les pattes de la 35e et de la 36e paires ; les deux ovaires étaient étroitement fusionnés sur la ligne médiane et d'ailleurs très réduits en tous sens ; ils avaient 800 μ de longueur et 340 de largeur. Aux oviductes étaient annexés deux réceptacles ovulaires très normaux et deux énormes réceptacles séminaux qui ne mesuraient pas moins de 750 μ sur 500. Immédiatement à la suite de ces réceptacles, les deux branches utérines se dilataient jusqu'à un diamètre de 350 μ, puis se rétrécissaient jusqu'à 100 μ et se dilataient ensuite progressivement pour loger les *embryons*.

Ces derniers étaient peu nombreux, et à des stades peu avancés, dans la branche utérine gauche où ils ne se trouvaient que dans la

moitié postérieure de cette branche. Il y en avait, au contraire, sur presque toute la longueur de la branche utérine droite. Le spécimen étant mal conservé, les embryons jeunes manquaient absolument de consistance et se réduisaient en bouillie quand on essayait d'ouvrir leur loge utérine; mais l'aspect extérieur de cette dernière me permet d'affirmer, presque sûrement, que ces embryons étaient munis d'un placenta.

L'embryon le plus âgé se trouvait en meilleur état, ce qui m'a permis d'en faire une étude plus complète. Quoique très pauvrement pigmenté et, par conséquent, incomplètement mûr, il ne mesurait pas moins de 37 milllim. de longueur et de 2 millim. de diamètre, ce qui permet de supposer que l'espèce est toujours de grande taille. Il avait 39 paires de pattes comme la mère, des plis tégumentaires fort réguliers et une zone chitineuse très mince sur la commissure postérieure de l'orifice buccal. Il était complètement engaîné dans une cuticule exuviale très faible qui, autour de griffes, ne présentait aucune trace des spinules si caractéristiques qu'on observe dans les embryons un peu moins avancés des autres Péripates. Ses papilles urinaires anormales ne débordaient pas au-dessus du 3e arceau des soles (fig. 3), disposition qui s'est maintenue, ainsi que je m'en suis assuré, sur la 5e patte gauche de l'adulte. Les pattes étaient munies de soles à 5 arceaux (I à V, fig. 3) longuement spinuleux et *toutes* présentaient 6 papilles pédieuses, 3 en avant et 3 en arrière (fig. 3); au dessus des trois papilles postérieures s'élevait une courte spinule chitineuse qui, plus tard, doit se réunir sans doute aux soies qui terminent les protubérances distales de la face interne du pied; ces dernières occupaient la même place que chez l'adulte et, comme les protubérances basilaires, ne présentaient que deux soies terminales, rarement trois.

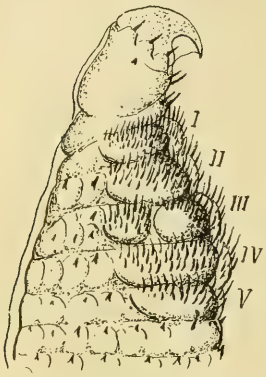



Fig. 3. — *Peripatus ecuadorensis*; 5e patte gauche d'un embryon avancé, face postérieure; les arceaux des soles sont numérotés de I à V 72/1.

Distribution. — Cette espèce n'est représentée jusqu'ici que par un exemplaire femelle trouvé à Bulim, dans l'Equateur, par 60 pieds d'altitude (Musée de Paris).

Affinités. — Cette espèce me paraît l'une des plus primitives de toutes les formes de *Peripatus* jusqu'ici connues, et, de ce fait, doit se placer près de la base dans le groupe des Onychophores. Ses caractères archaïques sont les suivants : 1° le grand nombre de paires de pattes; 2° la multiplicité des papilles du pied; 3° le grand développement des soles pédieuses qui sont larges et comptent cinq arceaux; 4° la position des orifices urinaires anormaux qui sont peu éloignés du milieu du 3e arceau des soles; 5° la disposition très régulière des plis de la peau qui sont dépourvus de

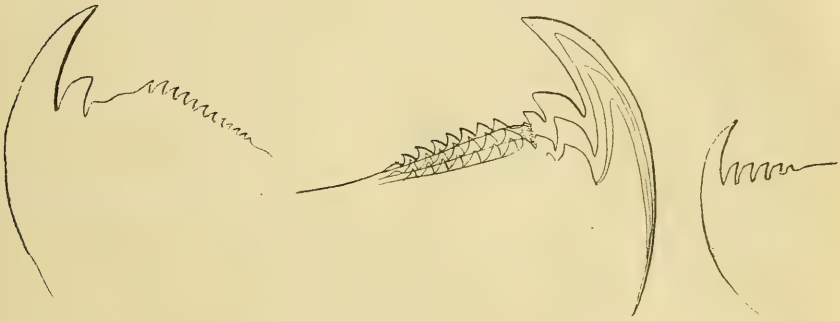


Fig. 4. — Lame interne de la mandibule : A, *Peripatus ecuadorensis* 48/1 ; B, *P. juliformis* var. *Gossei* 64/1 ; C, *Peripatoides oviparus* 64/1.

bifurcations segmentaires; 6° la longueur réduite des ovaires; 7° le grand développement des réceptacles séminaux ; 8° la structure de la lame interne des mandibules où la différenciation entre les dents accessoires et les denticules de la scie paraît très peu marquée (fig. 4, A).

Ce dernier caractère présente un intérêt tout particulier. Il montre que la lame mandibulaire interne des *Onychophores* primitif était pourvue d'une longue scie continue de dents accessoires et que les variations consécutives de cet organe se sont produites dans deux sens différents suivant les groupes : 1° par différenciation de la série en deux régions (les dents accessoires véritables et la scie) (fig. 4, B); 2° par réduction dans le nombre des dents accessoires (fig. 4, C). La première série évolutive est représentée par les *Peripatus*, la seconde par les *Paraperipatus*, *Peripatopsis*, *Opis-*

*thopatus* et *Peripatoïdes*, c'est-à-dire par tous les autres Onychophores. Le *Peripatus ecuadorensis* se trouve à un stade intermédiaire parce que la scie est séparée des dents accessoires, non point par une échancrure profonde, mais par une dent intermédiaire ; moins élevée que les denticules ou les dents accessoires qui l'avoisinent. Si cette dent était un peu plus élevée, on se trouverait en présence d'une lame mandibulaire interne d'un caractère très primitif.

Sorti des presses en avril 1902.

---

# LES PREMIERS STADES DU DÉVELOPPEMENT DE LA VÉSICULE GERMINATIVE CHEZ LES REPTILES (SAURIENS ET CHÉLONIENS)

par Mlle Marie LOYEZ

(*Travail du Laboratoire d'Embryogénie comparée du Collège de France*)

On sait qu'après la période de division des ovules primordiaux, ceux-ci se transforment en oocytes, dont la vésicule germinative, contenant un réseau chromatique et un gros nucléole, diffère peu du noyau des cellules ordinaires. Certains œufs restent à l'état d'oocytes jusqu'à l'époque de la maturation, d'autres au contraire passent par une période de croissance plus ou moins longue pendant laquelle ils accumulent dans leur protoplasma des éléments nutritifs plus ou moins abondants ; ils passent à l'état de métoocyte, suivant la terminologie adoptée par M. Henneguy.

Pendant cette période, la vésicule germinative subit des transformations qui atteignent leur maximum de complexité dans les œufs riches en vitellus, tels sont ceux des Poissons, des Batraciens, des Reptiles et des Oiseaux. Ces modifications, décrites par un certain nombre d'auteurs, portent principalement sur le nombre et la position des nucléoles, ainsi que sur la forme des chromosomes.

Ce qui a frappé tout d'abord les observateurs, c'est le grand nombre de nucléoles que renferment ces vésicules. Wagner le premier, en 1835, a signalé la présence de nombreuses taches germinatives dans les œufs des Batraciens et des Poissons.

Mais le fait intéressant de ces transformations de la vésicule germinative, c'est la présence, à un certain stade, de chromosomes d'une forme spéciale, chacun d'eux étant constitué par une série d'articles ou segments chromatiques disposés transversalement les uns au-dessus des autres le long d'un même filament de linine ; des prolongements en barbes de plume rayonnent perpendiculairement à l'axe et donnent au chromosome cet aspect caractéristique qui l'a fait comparer à un écouvillon.

Ces éléments chromatiques, signalés dès 1890 par Holl chez le Poulet, ont été très bien décrits en 1892 par Rückert, qui a étudié les modifications de la vésicule germinative chez les Sélaciens.

D'après cet auteur, tandis que les nucléoles se multiplient et se rendent à la périphérie de la vésicule, les chromosomes se transforment en filaments plumeux ; ils deviennent moins colorables, puis se dédoublent longitudinalement et restent associés par paires. Plus tard, ils perdent leurs prolongements barbelés et se rapprochent du centre de la vésicule où ils se réunissent par groupes de quatre ou tétrades. Les nucléoles se rapprochent également du centre de la vésicule; ils diminuent de volume, deviennent plus pâles et finissent par disparaître au moment de la formation des globules polaires.

Des faits analogues ont été décrits par Born chez le Triton. Comme Rückert, il admet que les chromosomes persistent pendant toute la période de croissance de l'œuf ovarien, et ne tirent pas leur origine des nucléoles, mais sont directement dérivés du réseau chromatique de l'ovule primordial.

D'autres observations ont été faites chez les amphibiens par Fick, par Jordan; puis chez les poissons osseux principalement par Cunningham.

Carnoy et Lebrun, qui ont repris l'étude des modifications de la vésicule germinative chez les Amphibiens, sont arrivés à cette conclusion, très différente de celle de Rückert et de Born, que les nucléoles ne sont que des éléments chromatiques, qui proviendraient de la désagrégation du filament nucléinien; ils se résoudraient en granulations ou en filaments qui pourraient reconstituer des cordons chromatiques. Certains de ces nucléoles seraient de petits noyaux qui contiendraient un filament chromatique enroulé ; ces filaments pourraient sortir du nucléole à un moment donné, et former une nouvelle génération de chromosomes, qui à leur tour donneraient naissance à une deuxième génération de nucléoles ; il y aurait ainsi des nucléoles primaires, secondaires, tertiaires, et ces transformations se répèteraient jusqu'à la formation des globules polaires.

Chez les Reptiles, les transformations de la vésicule germinative pendant la période de croissance de l'œuf ovarien n'ont pas encore été décrites. En 1872, Eimer signale seulement dans l'œuf de Lacerta et de quelques autres Reptiles, la présence de nombreux nucléoles, groupés au centre de la vésicule pendant les premiers stades, et périphériques dans les œufs plus avancés ; il n'a pas vu les chromosomes. Holl, dans son mémoire sur l'œuf de la Poule, dit avoir observé chez les Lacertiliens des modifications semblables

à celles que présentent les Oiseaux, mais il n'en donne aucune description.

J'ai entrepris l'étude de ces transformations d'après les conseils de M. le Professeur Henneguy, à qui j'adresse ici mes remerciements pour la bienveillance avec laquelle il dirige mes recherches dans son laboratoire.

Je n'ai observé jusqu'à présent que les premières phases du développement de la vésicule germinative des Reptiles. Les principaux faits que j'ai remarqués chez les Sauriens ont été déjà résumés dans une note préliminaire (1).

Je vais essayer de développer ici les quelques résultats que j'ai pu obtenir chez ces animaux et chez les Chéloniens. Les Ophidiens, présentant des différences essentielles avec les groupes précédents, feront l'objet d'une étude spéciale.

Les ovaires, fixés par des procédés variables, ont été étudiés sur des coupes d'une épaisseur moyenne de 5 μ et colorées à l'aide des substances les plus généralement en usage. Plusieurs de ces méthodes de coloration donnent de bons résultats ; parmi celles qui colorent d'une manière différente la chromatine et les nucléoles, je citerai seulement le carmin boracique et le bleu de Lyon, l'hémalun et la safranine (après fixation par le liquide de Tellyesniczky), le glychémalun suivi de la fuchsine acide et de l'orange G. L'hématoxyline au fer, tout en colorant uniformément nucléoles et chromosomes, constitue cependant, à cause de l'intensité de la coloration obtenue, un réactif précieux pour déceler les éléments peu colorables, tels que les filaments chromatiques à certains stades.

## I. SAURIENS

On peut distinguer plusieurs périodes dans les premiers stades du développement de la vésicule germinative des Sauriens.

Prenons pour type le Gecko (*Platydactylus muratis*, Dum.) (2).

*1re période.* — Lorsque le noyau de l'oocyte s'est transformé en vésicule germinative, il renferme un réseau avec des granulations chromatiques abondantes et un gros nucléole situé excentriquement ; on peut distinguer en outre quelques petits nucléoles accessoires disséminés dans le plasma nucléaire. Bientôt le réseau

(1) Sur les transformations de la vésicule germinative chez les Sauriens (*Comptes Rendus de l'Acad. des Sc.*, 1901).

(2) Les geckos utilisés pour cette étude proviennent du Laboratoire de Banuyls ; je remercie M. Pruvot, Directeur du Laboratoire, de me les avoir procurés.

chromatique devient moins colorable ; les granulations qui occupaient plus spécialement les nœuds du réseau, ont une tendance à se placer en lignes le long des filaments. Les petits nucléoles s'accroissent; on peut en voir de différentes tailles jusqu'à celle du nucléole de l'oocyte ; on trouve fréquemment deux nucléoles principaux et plusieurs autres de moindres dimensions.

Certains de ces nucléoles peuvent arriver en contact avec la membrane nucléaire, et même faire saillie à la surface de la vésicule en refoulant cette membrane. Le bourgeon ainsi formé se sépare bientôt de la vesicule dont la membrane se referme derrière lui. La fig. 1 représente en A un phénomène de ce genre. Elle montre également dans le cytoplasme des corps colorés de formes diverses qui semblent résulter de l'émigration de nucléoles. Si c'est un gros nucléole qui a passé dans le cytoplasme, il est probablement remplacé dans la vésicule par un nucléole accessoire qui s'accroît, car on y trouve toujours un ou deux nucléoles principaux.

L'émigration de nucléoles dans le cytoplasme a été fréquemment observée, soit dans les œufs, soit dans d'autres cellules, notamment dans les cellules glandulaires. En ce qui concerne les œufs, ce fait a été signalé par Balbiani chez les Géophiles, où il regarde le noyau vitellin comme formé par des substances qui s'échappent de la vésicule. Will, chez les Amphibiens et les Insectes, décrit un véritable bourgeonnement de la vésicule, chaque bourgeon renfermant un nucléole qui se détache pour donner un « Dotterken » dont la désagrégation fournira les granulations vitellines. Scharff, Rückert, ont également observé ce phénomène. M. Henneguy l'a signalé chez les Amphibiens et les Poissons, particulièrement chez le Syngnathe, et il pense que c'est une tache germinative qui forme le corps vitellin de Balbiani. Plus récemment, Schmidt donne de l'expulsion du nucléole chez les Sélaciens des figures (fig. 56 et 62, pl. II) absolument semblables à la fig. 1 (A).

On voit que l'opinion la plus généralement admise est que ces nucléoles servent à la formation du vitellus, soit par leur transformation directe en sphérules vitellines, soit en formant d'abord un noyau vitellin.

Chez le Gecko, le nucléole qui s'est échappé de la vésicule peut rester un certain temps dans le cytoplasme en conservant sa forme. On peut voir de ces corps sphériques colorés comme les nucléoles, non seulement près de la vésicule, mais encore jusque dans les parties périphériques. On trouve quelquefois des taches plus ou moins allongées ou des groupes de granulations qui sembleraient

résulter de la transformation de ces nucléoles (fig. 1, A).—Tous ces éléments finissent par disparaître longtemps avant l'apparition des premiers globules vitellins. Mais s'ils ne se transforment pas directement en vitellus, il est probable qu'ils sont utilisés par le cytoplasme, dont l'accroissement est considérable.

A la fin de la première période, la vésicule germinative occupe

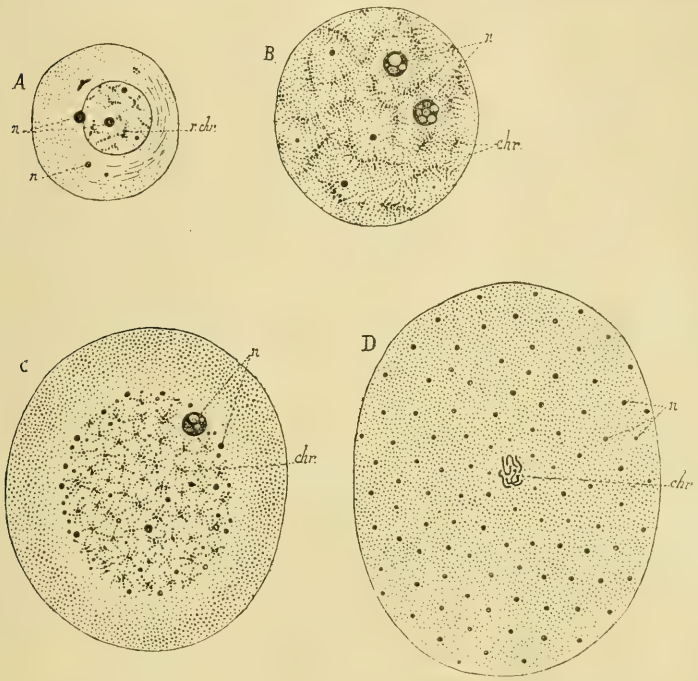



Fig. 1. — *Platydactylus muralis.* A, jeune ovule : *r.chr.*, réseau chromatique ; *n*, nucléoles l'un d'eux forme un bourgeon à la surface de la vésicule germinative. — B, C, D, différents stades du développement de la vésicule germinative : *chr*, chromosomes ; *n*, nucléoles.

déjà une position excentrique dans l'œuf ; celui-ci est entouré d'un épithélium folliculaire formé d'une seule rangée de cellules toutes semblables.

2e *période.* — La seconde période est caractérisée par la formation de chromosomes barbelés analogues à ceux décrits par Rückert. L'axe de ces chromosomes est formé par des granulations autour desquelles sont disposées, perpendiculairement à ce même axe, de gros filaments granuleux moins colorables, mais cependant très

nets par le rouge Magenta ou l'hématoxyline au fer. Ces éléments chromatiques occupent toute l'étendue de la vésicule ; on y voit aussi des corps étoilés qui représentent la section transversale d'un chromosome.

Il ne paraît plus y avoir émission de nucléoles dans le cytoplasme. Le nucléole principal s'accroît considérablement, son diamètre pouvant atteindre le cinquième de celui de la vésicule ; il se creuse de vacuoles qui s'accroissent jusqu'à faire saillie à la surface du nucléole, quelquefois en assez grand nombre pour lui donner l'aspect d'une petite morula (fig. 1, B). Deux nucléoles semblables peuvent se rencontrer dans la même vésicule ; on en trouve encore un certain nombre de plus petits (fig. 1, B).

*3e période.* — Puis, les chromosomes se divisent transversalement ; à un stade un peu plus avancé, en effet, ils sont plus courts et plus nombreux. Cette division continue au point que chaque chromosome n'est plus formé que par quelques articles munis de prolongements rayonnants, de sorte que toute la partie centrale de la vésicule est remplie par un semis de corps étoilés. Cette disposition donne à la vésicule germinative du Gecko un aspect tout à fait caractéristique que je n'ai pas retrouvé chez d'autres reptiles (fig. 1, C).

La partie périphérique de la vésicule est occupée par une zone très granuleuse qui s'étend à mesure que les chromosomes se rapprochent du centre, et dont les granulations sont fortement colorables par le rouge Magenta ou l'hématoxyline au fer. Les nucléoles suivent les chromosomes dans leur mouvement vers le centre de la vésicule. Il y a encore un ou deux gros nucléoles vacuolaires situés à la limite de la région des chromosomes (fig. 1, C) ; on ne les retrouve plus au stade suivant, ils disparaissent probablement par division. Les petits nucléoles se multiplient ; ils occupent encore la zone des filaments chromatiques, mais sont plus nombreux à la périphérie et ont déjà une tendance à s'en éloigner.

*4e période.* — Au fur et à mesure que les chromosones se rapprochent du centre de la vésicule, ils perdent peu à peu leurs prolongements barbelés, qui deviennent d'abord moins colorables, puis finissent par disparaître. Les granulations chromatiques qui restent se réunissent de nouveau en filaments, et la chromatine se trouve alors condensée en un petit nombre de chromosomes formés de cordons lisses plus ou moins contournés (fig. 1, D).

Les nucléoles continuent à se multiplier par division, et s'éloignent du centre de la vésicule ; les plus grands sont à la

périphérie, mais ils ne tardent pas à se diviser eux-mêmes, de sorte que la vésicule tout entière contient des nucléoles semblables disséminés régulièrement au milieu d'un nucléoplasma granuleux.

Pendant toutes ces transformations, la vésicule germinative a gagné le bord de l'œuf, elle est presque en contact avec l'épithélium folliculaire. Celui-ci, qui avait acquis un développement considérable par la formation de grandes cellules, commence à se réduire par la résorption de ces dernières, et le protoplasma de l'œuf est rempli de granulations vitellines.

5e *période.* — A un stade encore plus avancé, les nucléoles n'occupent plus toute l'étendue de la vésicule. On voit seulement au centre quelques gros nucléoles de nouvelle formation, et de plus petits à l'extérieur. Entre ces gros nucléoles sont les chromosomes, au nombre de 6 à 8, formés de filaments fins et lisses.

Je n'ai pas observé de stades plus avancés, mais à ce moment l'œuf ovarien est presque arrivé au terme de sa croissance ; la vésicule germinative est située contre l'épithélium folliculaire, qui ne présente plus de nouveau qu'une seule rangée de petites cellules.

2° Lézard. — Des phases analogues à celles qui viennent d'être décrites chez le Gecko peuvent être constatées dans le développement de la vésicule germinative du Lézard. Je signalerai seulement les différences les plus caractéristiques. D'une manière générale, on peut dire que la chromatine y est moins abondante que chez le Gecko, les chromosomes sont moins colorables et d'un aspect différent.

a) *Lacerta muralis* Merr. — Chez Lacerta muralis, la formation de chromosomes barbelés a lieu de bonne heure. Ces chromosomes sont fins, peu colorables, munis de prolongements grêles souvent très difficiles à mettre en évidence. Ils se réunissent au centre de la vésicule où ils s'entourent d'une couronne de nucléoles fortement colorés, dont l'un est généralement plus gros que les autres et peut contenir des vacuoles (fig. 2, A).

Tous ces nucléoles se multiplient par bourgeonnement. Cette division des nucléoles a été signalée par Scharff, Leydig, Balbiani, et plus récemment par un grand nombre d'observateurs. Le mode de division qu'on peut observer le plus fréquemment chez les Sauriens est le suivant : Le nucléole émet à sa surface une petite granulation qui grossit et finit par se détacher pour former un nucléole-fille qui continue à s'accroître. Plusieurs bourgeons de ce

genre peuvent se rencontrer sur un même nucléole; il arrive également que le nucléole-fille porte déjà un bourgeon avant de se détacher du nucléole primitif (fig. 3, B). D'autres fois, les nucléoles deviennent irréguliers, ils émettent des sortes de prolongements amiboïdes qui se séparent ensuite par étranglement. Quand un gros nucléole vacuolaire se divise, une vacuole pénètre généralement dans le bourgeon qui doit former le nucléole-fille (fig. 3, A). On

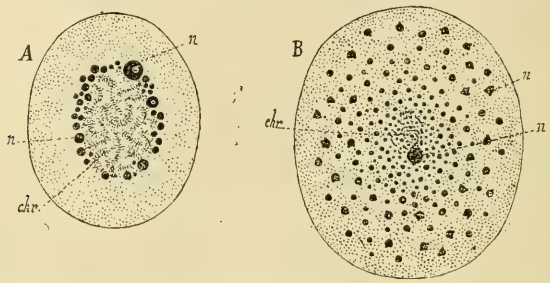



Fig. 2. — Vésicule germinative de *Lacerta muralis : chr,* chromosomes ; *n*, nucléoles. — En B, les plus gros nucléoles portent des bourgeons.

a même signalé dans certains cas une division de la vacuole ; je n'ai pas observé ce fait.

Chez *Lacerta muralis*, tandis que les chromosomes se réduisent de plus en plus en perdant de leur colorabilité, les nucléoles au contraire prennent un développement considérable; les plus gros sont à la périphérie, les plus petits au centre; ils portent presque tous des bourgeons, ce qui indique une prolifération très active (fig. 2, B). Dans le voisinage du centre, parmi les plus petits, on voit un ou deux gros nucléoles, de plus grandes dimensions que ceux de la périphérie et dont la surface porte de petites saillies. Puis le nombre des nucléoles diminue; ils se disposent alors en zones concentriques.

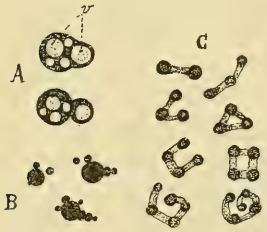



Fig. 3. — Multiplication des nucléoles : A et B, bourgeonnement des nucléoles chez les Sauriens en général ; *v*, vacuoles. — C, division observée chez *Lacerta stirpium*.

A un stade plus avancé, les chromosomes deviennent de nouveau visibles au centre de la vésicule; ils ont alors la forme de cordons lisses, comme chez le Gecko. Les nucléoles, très petits, disséminés assez

régulièrement, ne sont plus sphériques; ils affectent plus spécialement la forme de petits bâtonnets, ou d'haltères, ce qui indique peut-être une dernière division avant leur disparition complète, car l'œuf ovarieu est arrivé à peu près au terme de sa période de croissance.

*b*). *Lacerta stirpium*, Daud. — Chez cette espèce, les premiers stades ressemblent à ceux de Lacerta muralis, mais il y a une plus grande variation dans la disposition des nucléoles. On peut en distinguer de plusieurs sortes; c'est ainsi qu'après fixation par le liquide de Flemming et coloration par le rouge Magenta suivi du carmin d'indigo et de l'acide picrique, on voit autour de la région des chromosomes une couronne de petits nucléoles fortement colorés en rouge, parmi lesquels d'autres plus gros sont colorés en vert et même quelques-uns en jaune. Ces gros nucléoles passent à l'intérieur de la zone des petits; moins colorables que ces derniers, ils prennent toujours les colorants plasmatiques.

Dans les œufs plus avancés, l'aspect de la vésicule est caractéristique : au centre, les chromosomes formés de filaments où un fort grossissement permet de reconnaître des granulations, occupent un très petit espace ; tout autour sont de gros nucléoles assez faiblement colorés, et à une certaine distance, des zones concentriques de plus petits. Ces derniers perdent peu à peu leur colorabilité, puis disparaissent. Les gros nucléoles se voient plus longtemps autour des filaments chromatiques, puis disparaissent à leur tour.

Chez *Lacerta stirpium*, les nucléoles en voie de division présentent souvent un aspect particulier : les deux nucléoles résultant de la division restent reliés entre eux par une partie moins colorée ; le bourgeon au lieu de se détacher du nucléole primitif s'est allongé, étiré, et la substance du nucléole-fille s'est accumulée à l'extrémité. Trois ou quatre nucléoles peuvent être ainsi réunis, formant des figures variées : bâtonnets, arcs de cercle, triangles, quadrilatères, spirales, etc. (fig. 3, C). Sur les préparations un peu fortement colorées, on pourrait les confondre avec des cordons chromatiques. On peut expliquer ces formations en disant que lorsqu'un nucléole se divise, il reste en relation pendant quelque temps avec le bourgeon qu'il a formé ; celui-ci à son tour produit un bourgeon qui se comporte comme le premier, et ainsi de suite. Finalement, il doit y avoir rupture du filament conjonctif et les nucléoles sont mis en liberté. On pourrait peut-être voir dans ce fait une preuve que le nucléole est formé de deux substances, dont l'une située à l'in-

térieur est plus colorable que l'autre, opinion déjà plusieurs fois exprimée, notamment par Montgomery et Obst. Des appareils nucléolaires semblables ont été signalés dans certaines cellules nerveuses par Perrin de la Touche et Dide.

C'est encore chez cette même espèce que j'ai remarqué des sortes de nucléoles doubles que l'on pourrait peut-être rapprocher de ceux qui ont été observés chez les Lamellibranches par de Lacaze-Duthiers, H. Fol, Flemming, et chez quelques Annélides. Les gros nucléoles qui entourent les chromosones, présentent fréquemment une grosse granulation plus fortement colorée appliquée à leur surface ; d'autres portent une calotte plus colorée (fig. 4). On peut remarquer qu'en général tous les gros nucléoles d'une même vésicule présentent à la fois cette particularité.

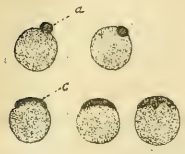



Fig. 4. — Nucléoles avec corps accessoire (nucléoles doubles ?) : *a*, corps sphériques ; *c*, en forme de calotte.

c) *Lacerta viridis*, L. — Cette espèce présente beaucoup d'analogie avec la précédente au point de vue de la vésicule germinative. On y remarque également un petit nombre de gros nucléoles et une quantité de plus petits entourant la région des chromosomes. Ceux-ci sont munis de fins prolongements barbelés peu colorables. Plus tard, on les retrouve très réduits, au centre de la vésicule, au milieu d'un espace clair entouré d'une zone plus foncée, à l'extérieur de laquelle sont situés de gros nucléoles.

3° Orvet (*Anguis fragilis* L.). — Contrairement à ce que nous avons remarqué chez le Lézard, les chromosomes de l'Orvet sont très colorables pendant les premières périodes de transformation de la vésicule germinative. Leur aspect est également différent de celui des deux genres précédents. Ils sont constitués par de gros cordons à filaments latéraux courts et fins ; l'axe du chromosome est formé d'articles très rapprochés les uns des autres, ce qui lui donne, à un faible grossissement, l'aspect d'un cordon continu ; en outre, il porte de distance en distance ainsi qu'aux extrémités, de grosses granulations.

Il y a tout d'abord un nucléole excentrique, généralement pourvu de vacuoles, et quelques autres plus petits. Ensuite, on voit plusieurs gros nucléoles non vacuolaires moins colorables que le nucléole primitif et disposés circulairement à quelque distance de la périphérie. Ils sont généralement en contact avec des chro-

mosomes, qui quelquefois les entourent complètement (fig. 5, A) ; cependant il n'y a pas pénétration du chromosome dans le nucléole ; sur des coupes suffisamment minces, celui-ci se montre toujours absolument lisse sans aucune granulation à l'intérieur.

Puis, les cordons chromatiques, entraînant les nucléoles, se rapprochent du centre de la vésicule, la périphérie étant occupée

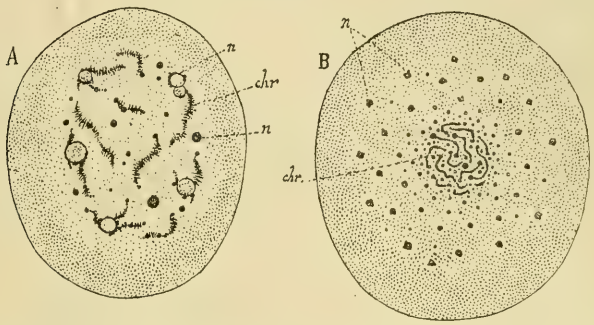



Fig. 5. — Vésicule germinative de l'*Orvet : chr*, chromosomes ; *n*, nucléoles.

par une zone granuleuse. Les petits nucléoles se multiplient et s'éloignent du centre, à mesure que les chromosomes s'en rapprochent. Ceux-ci, comme dans les genres précédents, perdent ensuite leurs prolongements plumeux et se condensent sous forme de cordons contournés portant à chaque extrémité une granulation, tandis que les nucléoles occupent le reste de la vésicule, les plus gros à la périphérie (fig. 5, B).

## II. CHÉLONIENS

Chez les Chéloniens, les transformations de la vésicule germinative sont encore caractérisées par la présence de chromosomes barbelés de la forme typique, qui offrent la plus grande ressemblance avec ceux des Sélaciens. La position périphérique des nucléoles pendant les premiers stades rapproche plus les Tortues des Poissons et des Batraciens que des autres Reptiles.

1° *Testudo græca*, L. — Le fait important de la première phase du développement de la vésicule est l'émigration de nucléoles dans le cytoplasme. Ce fait, qui vient d'être signalé chez les Sauriens, prend ici, une importance beaucoup plus considérable, et dure plus longtemps.

La vésicule contient un réseau lâche avec des granulations chro-

matiques disposées le long des filaments et montrant déjà une tendance à se grouper en chromosones. Il y a un certain nombre de nucléoles de toutes tailles, dont les plus petits ne sont que de simples granulations qu'il est difficile de distinguer de la chromatine, car la différence de coloration est ici très peu sensible ; aux périodes suivantes au contraire elle deviendra excessivement nette.

Tous ces nucléoles se placent à la périphérie, la plupart en contact avec la membrane nucléaire (fig. 6, A). Ils peuvent s'échapper de la vésicule, soit isolément, soit par groupes ; il se produit alors une sorte de déchirure de la membrane par laquelle les nucléoles peuvent sortir. Ils s'accumulent dans le cytoplasme où ils donnent naissance à des formations spéciales : ce sont des amas sphériques ou irréguliers plus ou moins volumineux qui peuvent

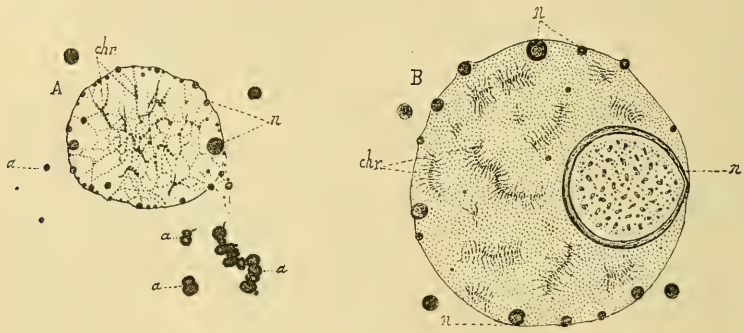



Fig. 6. — Vésicule germinative de *Testudo græca* : *chr*, chromosomes ; *n*, nucléoles ; *a*, corps colorés résultant de l'émigration de nucléoles dans le cytoplasme.

se grouper en cordons très colorés de formes diverses (fig. 6, *a*). On a signalé ces productions chez les Sélaciens ; Schmidt en donne plusieurs figures (fig. 68, 74, 79, pl. II). J'ai fait également quelques coupes d'ovaires de Sélaciens, où j'ai pu constater l'analogie de ces formations avec celles de la Tortue. Si l'on examine avec un fort grossissement l'un de ces corps colorés, en coupe mince, on peut y reconnaître au centre une région plus claire et tout autour des lignes concentriques plus foncées, qui rappellent un peu le noyau vitellin des Arachnides.

Un peu plus tard, ces éléments disparaissent, mais on voit à leur place, dans le protoplasma ovulaire, des taches formées de granulations qui se colorent de la même manière, et qui se rendent

ensuite à la périphérie de l'œuf où elles forment une zone plus ou moins large.

Après la formation des chromosomes plumeux, les nucléoles conservent leur position périphérique et restent en contact avec la membrane. Les plus gros deviennent vacuolaires. Le plus généralement chaque nucléole ne renferme qu'une seule vacuole, qui s'accroît de plus en plus et contient elle-même des granulations. Ils peuvent acquérir parfois des dimensions absolument remarquables, c'est ainsi que j'ai observé un nucléole d'un diamètre de 35 μ dans une vésicule qui mesurait 88 μ; c'est celui que représente la fig. 6 (B). La vacuole qui en occupe la plus grande partie est remplie de granulations qui pour la plupart paraissent elles-mêmes formées de deux parties dont l'une est plus colorable que l'autre. Ces nucléoles sont toujours en rapport avec la membrane vésiculaire et soudés en quelque sorte avec elle; au point de contact la paroi du nucléole est plus mince; il est possible qu'il se produise en ce point des échanges entre le liquide de la vacuole et le cytoplasme, mais ces nucléoles n'émigrent pas dans le protoplasma de l'œuf.

La vésicule germinative et l'œuf ovarien tout entier prennent un grand développement sans que de nouvelles modifications se produisent, si ce n'est une condensation plus grande des chromosomes, Ce n'est que plus tard lorsque le vitellus est déjà en partie formé que les filaments chromatiques se rapprochent du centre en perdant leurs prolongements, et que les nucléoles cessent d'être périphériques pour se grouper autour de la région des chromosomes.

2° *Cistudo Europœa*, Schneid. — Il y a peu de différence avec l'espèce précédente. Les chromosomes sont très nets; les nucléoles sont périphériques, les plus gros renferment également une vacuole avec des granulations, mais je n'en ai pas rencontré d'aussi volumineux. Plus tard, nucléoles et chromosomes sont groupés comme à l'ordinaire au centre de la vésicule.

D'après ce qui précède, on voit que les principales modifications de la vésicule germinative chez les Sauriens et les Chéloniens, pendant la période de croissance de l'œuf ovarien, consistent : 1° En ce qui concerne les éléments chromatiques, dans la formation de chromosomes à filaments plumeux, puis dans leur réduction, leur transformation en cordons lisses et leur groupement au centre de la vésicule; 2° dans une multiplication très active des nucléoles qui prennent un développement généralement inverse de celui des chromosomes et dans des variations considérables de leur position

qui peut être périphérique ou plus ou moins centrale, enfin dans leur réduction et leur disparition.

Comme conclusion, je ne puis que répéter ce que j'ai dit pour les Sauriens dans la note préliminaire déjà citée, et qui paraît s'appliquer également aux Chéloniens, que les deux éléments essentiels de la vésicule germinative, nucléoles et chromosomes, semblent être des corps de nature différente et indépendants les uns des autres.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Balbiani, E.-G. — Sur l'origine des cellules du follicule et du noyau vitellin de l'œuf chez les Géophiles (Zool. Anz., VI, 1883).

Born, G. — Die Reifung des Amphibieneies und die Befruchtung unreifer Eier bei Triton tæniatus (Anat. Anz., VII, 1892).

Carnoy, J.-B., et Lebrun, H. — La vésicule germinative et les globules polaires chez les Batraciens (La Cellule, t. XII, 1897; t. XIV, 1898; t. XVI, 1899).

Cunningham, J.-B. — The Ovaries of Fishes (Jour. Mar. Biol. Ass., III, 1894.

Eimer, B. — Untersuchungen über die Eier der Reptilien (Arch. f. mikr. Anat., VIII, 1872).

Henneguy, L.-F. — Le corps vitellin de Balbiani dans l'œuf des Vertébrés (Journ. de l'Anat. et de la Phys., XXIX, 1893). — Leçons sur la cellule. Paris, 1896.

Holl, M. — Ueber die Reifung der Eizelle des Hunh's (Sitz. d. K. Acad. d. Wiss. in Wien, XCIX, 1890).

Rückert, J. — Zur Entwicklungsgeschichte des Ovarialeies bei Selachiern (Anat. Anz., VII, 1892).

Schmidt, A. H. — Onderzoekingen betreffende het Ovarium der Selachii. Leiden, 1898.

Will, L. — Ueber die Entstehung des Dotters und der Epithelzellen bei den Amphibien und Insecten (Zool. Anz., VII, 1884).

Sorti des presses en avril 1902.

---

# TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE FASCICULE

Pages

**Mocquard** (F.). — Sur une collection de Reptiles et de Batraciens recueillis par M. Alluaud dans le sud de Madagascar (Planches I et II) . . 5

**Chauveaud** (G.) — Recherches sur le développement de l'appareil conducteur dans la racine des Équisétacés . . . . . 26

**Lécaillon** (A.). — Sur un testicule d'*Anurophorus laricis* Nic. . . . . 46

**Bouvier** (E.-L.). — Le *Peripatus ecuadorensis* . . . . . 53

**Loyez** (Mlle Marie). — Les premiers stades du développement de la vésicule germinative chez les Reptiles (Sauriens et Chéloniens) . . . . 63

## LE PRIX DES TIRÉS A PART EST FIXÉ AINSI QU'IL SUIT :

| | 25 ex. | 50 ex. | 75 ex. | 100 ex. | 150 ex. | 200 ex. | 250 ex |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Une feuille . . . . . | 4.50 | 5.85 | 7.20 | 8.10 | 10.60 | 12.85 | 14.85 |
| Trois quarts de feuille | 4 » | 5 » | 6 10 | 7 » | 9 » | 10.60 | 12.15 |
| Une demi-feuille . . . . . | 3.15 | 4 » | 5 » | 5.60 | 7.20 | 8.10 | 9 » |
| Un quart de feuille . | 2.70 | 3.60 | 4.25 | 4.75 | 5.60 | 6.30 | 8.85 |
| Un huitième de feuille | 2 » | 2.70 | 3.15 | 3.60 | 4.05 | 4.50 | 5 » |
| Plusieurs feuilles. . . . | 4 » | 5.40 | 6.30 | 7.20 | 9 » | 11.70 | 14 » |

# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

| | |
|---|---|
| 1re série : 1789-1805 | 3 volumes in-4° |
| 2e série : 1807-1813 | 3 volumes in-4° |
| 3e série : 1814-1826 | 13 fascicules in-4° |
| 4e série : 1832-1833 | 2 volumes in-4° |
| 5e série : 1836-1863 | 28 fascicules in-4° |
| 6e série : 1864-1876 | 13 fascicules in-8° |
| 7e série : 1877-1888 | 11 volumes in-8° |
| Chaque année pour les Membres de la Société | 5 francs |
| — pour le public | 12 francs |

# Mémoires originaux publiés par la Société Philomathique

A L'OCCASION DU

## CENTENAIRE DE SA FONDATION

## 1788-1888

Le recueil des mémoires originaux publié par la Société philomathique à l'occasion du centenaire de sa fondation (1788-1888) forme un volume in-4° de 437 pages, accompagné de nombreuses figures dans le texte et de 24 planches. Les travaux qu'il contient sont dus, *pour les sciences physiques et mathématiques*, à : MM. Désiré André ; E. Becquerel, de l'Institut ; Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Institut ; Bouty ; Bourgeois ; Descloizeaux, de l'Institut ; Fouret ; Gernez ; Hardy ; Haton de la Goupillière, de l'Institut ; Laisant ; Laussedat ; Léauté ; Mannheim ; Moutier ; Peligot, de l'Institut ; Pellat. *Pour les sciences naturelles*, à : MM. Alix ; Bureau ; Bouvier ; Chatin ; Drake del Castillo ; Duchartre, de l'Institut ; H. Filhol ; Franchet ; Grandidier, de l'Institut ; Henneguy ; Milne-Edwards, de l'Institut ; Mocquard ; Poirier ; A. de Quatrefages, de l'Institut ; G. Roze ; L. Vaillant.

**En vente au prix de 35 francs**

CHEZ M. REYCKAERT, HÔTEL DES SOCIÉTÉS SAVANTES,
28, RUE SERPENTE, PARIS VIe

LILLE. IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

---

NEUVIÈME SÉRIE, — TOME IV

N° 2

1901-1902

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

A LA SORBONNE

1902

*Le Secrétaire-Gérant,*

E.-L. BOUVIER.

**Le Bulletin paraît par livraisons trimestrielles.**

## COMPOSITION DU BUREAU POUR 1902

*Président* : M. J. de Guerne, 6, rue de Tournon, Paris, VIe.

*Vice-Président* : M. Désiré André, 70bis, rue Bonaparte, Paris, VIe.

*Archiviste* : M. Henneguy, 9, rue Thénard, Paris, Ve.

*Secrétaire des publications* : M. E.-L. Bouvier, 39, rue Claude-Bernard, Paris, Ve.

*Vice-Secrétaire des publications* : M. Henri Neuville, 55, rue de Buffon, Paris, Ve.

*Secrétaire des séances* : M. Lécaillon, 118, rue Monge, Paris Ve.

*Vice-Secrétaire des séances* : M. Leau, 6, rue Vavin, Paris, VIe.

*Trésorier* : M. J. Mabille, 7bis, rue Laromiguière, Paris, Ve.

---

La Société Philomathique de Paris se réunit les 2e et 4e Samedis de chaque mois, à 8 h. 1/2, à la Sorbonne (salle de travail des Étudiants).

---

Les membres de la Société ont le droit d'emprunter des livres à la Bibliothèque de l'Université. Ils ont également droit, sur leur demande, à 50 tirages à part gratuits des Mémoires qu'ils publient dans le Bulletin.

---

Pour le paiement des cotisations et l'achat des publications, s'adresser à M. Reyckaert, Hôtel des Sociétés Savantes, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

---

# LES ÉTATS PATHOLOGIQUES ET LES ÉTATS TÉRATOLOGIQUES.

par Étienne RABAUD.

La théorie qui assimile les états tératologiques à des états pathologiques est une théorie très ancienne. Se présentant sous diverses formes, variant au gré des cas particuliers, se modifiant suivant les époques, son principe reste toujours essentiellement le même : l'anomalie est une maladie de l'embryon. C'est elle qui domine encore aujourd'hui. Cependant à l'examiner de près, à soumettre à l'analyse les faits d'embryologie anormale, cette théorie paraît reposer sur un fondement peu solide ; il semble qu'elle n'ait pour soutien qu'une interprétation inexacte et incomplète des phénomènes.

Nous allons essayer de montrer où gît la cause d'erreur, qui a entraîné de bons esprits à admettre la théorie pathologique ; puis nous tenterons d'indiquer pourquoi les états tératologiques ne sont pas, en principe, des états morbides ; nous rechercherons où se trouve la différence essentielle.

## I. Les théories et les faits.

Haller et Morgagni, les premiers, attribuèrent les anomalies de l'axe cérébro-spinal à un phénomène d'hydropisie. Pour eux, la maladie ne retentissait point, ou retentissait faiblement, sur le reste de l'individu, il s'agissait d'une maladie locale. Un grand nombre d'auteurs, Otto (1) par exemple, ont adopté cette manière de voir sans modification appréciable. Jules Guérin, à son tour, reprit cette idée, la fit sienne et lui donna la valeur d'une théorie générale. Avec une logique parfaite, J. Guérin établit en principe, que les maladies du cerveau et de la moelle épinière doivent retentir, non seulement sur ces organes eux-mêmes, mais sur ceux qui en dépendent médiatement ou immédiatement. C'est pourquoi, il admit que toutes les déformations et modifications, dont les organes sont le siège, ont pour origine première une altération morbide du système

(1) Otto. Monstrorum sexcentorum description anatomica. Breslau, 1841 (cum 30 tabulis).

nerveux central. Sans doute, il avait plus particulièrement en vue les anomalies qui touchent aux membres et à leurs muscles, mais il n'était pas loin de penser que les lésions de l'axe cérébro-spinal se repercutent sur tous les organes, apportant dans leur évolution un élément de trouble, d'autant plus important, que ces organes se trouvent à une phase plus jeune de leur évolution.

« L'altération primitive des centres nerveux, écrit Jules Guérin, produit deux grandes classes d'effets, suivant qu'elle atteint, chez l'embryon, le grand régulateur de l'organisation, le système nerveux, à telle ou telle époque de son développement. Si c'est dès l'origine, elle trouble l'harmonie préétablie de l'ensemble, bouleverse les rapports des parties, modifie le développement des organes, leurs dimensions; elle entraîne les vices de conformation les plus disparates. Si, au contraire, elle n'arrive que lorsque le plan général est réalisé, lorsque toutes les parties ont reçu leur impulsion, chez le fœtus, par exemple, elle ne fait qu'influencer la forme des parties, d'où des difformités seulement...» (1) « Le système nerveux troublé, altéré par la maladie, imprime à la genèse des organes un trouble qui se traduit par trois ordres d'effets également évidents : *il pervertit, il arrête ou empêche* toute action formatrice » (2).

L'indication est aussi précise que possible.

La manière de voir de Jules Guérin a été adoptée par un certain nombre de médecins, en particulier par P. Delplanque (3). Celui-ci s'est efforcé de « faire ressortir le grand rôle que la pathologie joue dans la formation d'un grand nombre de monstruosités qu'il faudrait rapprocher et classer en *groupes pathologiques*, en comprenant dans chaque groupe tous les cas pouvant se rapporter à une maladie d'un adulte. » Delplanque pousse les choses très loin ; la répercussion pathogène des maladies du système nerveux peut aller jusqu'à provoquer la réapparition de certains organes, du péroné, par exemple ; il écrit avec le plus grand sérieux, qu'un tel phénomène est une des « conséquences indirectes et éloignées de l'affection tétanique dont elles viennent grossir le cortège. »

Ainsi donc, le phénomène morbide initial a son siège parfaitement défini; le système nerveux ; les organes sont frappés par contre-coup, sans être eux-mêmes primitivement affectés.

(1) Jules Guérin. — Discussion avec M. Joly. *Gazette médicale*, 1866.

(2) Jules Guérin. — *Recherches sur les difformités congenitales chez les monstres.* Paris, 1880.

(3) P. Delplanque. — *Etudes tératologiques, I. Des difformités congénitales produites sur le fœtus par la contraction musculaire.* Paris, Doin, 1885.

D'autres auteurs, au contraire, ont pensé que les ébauches pouvaient fort bien être le siège d'une maladie, non plus indirectement et comme conséquence d'une lésion des centres sensitivo-moteurs, mais directement et comme réagissant individuellement avec les agents morbides. C'est ce que M. Lancereaux, et quelques auteurs avec lui, a soutenu, spécialement en ce qui concerne le cœur. M. Lancereaux exprime sa manière de voir en une formule aussi précise qu'exclusive : « La tératologie du cœur n'est autre chose que la pathologie de cet organe pendant le cours de la vie intra-utérine » (1). Le point de départ de toute modification anatomique du cœur serait toujours une endocardite ; celle-ci frappant les orifices des gros vaisseaux, il en résulterait des actions mécaniques secondaires, ayant pour effet de rompre ou de détruire les cloisons, de provoquer l'inocclusion du canal artériel, etc...

En somme, qu'il s'agisse des centres nerveux, du cœur ou de tout autre organe, la théorie pathologique ainsi comprise fait de l'embryon monstrueux simplement un malade. Comme il arrive pour beaucoup de conceptions d'origine médicale, celle-ci a le très grand tort de vouloir englober dans un cadre commun tous les cas particuliers, soit en mettant au premier plan un caractère accessoire et contingent, — soit en ne tenant compte que d'un état final, le point de départ étant négligé, — soit enfin en procédant à une généralisation hâtive de faits isolés.

Sans doute, certains faits plaident en faveur d'une théorie ainsi présentée : l'existence de l'hydropisie embryonnaire est un fait indéniable ; son action dystrophique et destructive ne saurait être contestée ; elle intéresse fort souvent les centres nerveux. Il arrive aussi que des malformations des membres et des atrophies musculaires coexistent avec des lésions médullaires dégénératives. Cela se rencontre, en particulier, chez un certain nombre de pieds bots congénitaux (2).

Tout cela est vrai. Mais il est parfaitement établi aussi, qu'un très grand nombre d'anomalies graves ou légères sont constituées bien avant que le système nerveux soit entré en relations avec les organes embryonnaires, et, par suite, bien avant qu'une maladie de ce système ait pu retentir sur ces organes.

(1) Cité par A. Moussous. — *Maladies congénitales du cœur* (Encyclopédie scientifique des Aides-Mémoires).

(2) Voir sur cette question, le travail documenté de Léon Courtillier : *Contribution à l'étiologie et à la pathogénie du pied bot congénital* (Thèse de la Fac. de méd. de Paris, 1898).

De plus, les cas sont nombreux où un individu monstrueux possède une moelle et un cerveau indemnes, et inversement, où des centres nerveux malades ne correspondent à aucune anomalie (1).

Dans les cas particuliers où coexistent une anomalie d'un membre, de l'atrophie musculaire et une lésion médullaire, a-t-on le droit de dire que celle-ci est la cause de celle-là ? Il serait imprudent de l'affirmer, car s'il est vrai que l'état des centres nerveux se répercute sur les organes, sur les muscles en particulier, il n'en est pas moins vrai que de l'intégrité des masses musculaires dépend également l'intégrité des centres nerveux. Il est de science commune, qu'une amputation pratiquée chez un individu jeune détermine l'atrophie et la disparition des groupes cellulaires correspondants de la moelle épinière. M. Klippel a montré qu'un arrêt de croissance des membres, consécutif à un traumatisme éprouvé durant l'enfance, avait pour suite naturelle la disparition d'un certain nombre de fibres musculaires et d'éléments nerveux médullaires (2). Il y a donc au moins autant de raisons pour admettre que l'état de la moelle dépend de l'état des organes.

MM. Lesbre et Forgeot, à la suite de l'examen qu'ils ont fait des moelles d'ectroméliens (3), répondent « qu'il n'y a point parité entre la moelle, parfaitement normale de tissu, d'un ectromèle et la moelle atrophiée par dégénérescence d'un amputé. »

Assurément, il y a une différence essentielle entre la dégénérescence secondaire et la non-formation : celle-ci est primitive, elle permet un tassement régulier des tissus qui se forment, celle-là est secondaire, elle est suivie de sclérose, d'atrophie. Mais cette différence ne prouve rien touchant la répercussion du système nerveux sur l'organe ou de l'organe sur le système nerveux. Qu'elle résulte d'une destruction secondaire ou d'une absence initiale, la

(1) Comme exemple de la première éventualité, signalons l'observation déjà ancienne de Er. Martin et Maurice Letulle, qui a trait à un enfant de six mois dont les pieds sont réduits à des moignons, dont une main est une pince de homard sans aucune altération de la moelle (*Contribution à la Tératologie; monstre unitaire Hémimélie*, Journal de l'Anatomie, 1877). De pareils exemples sont nombreux et ils le seraient bien davantage, si tous les monstres étaient étudiés méthodiquement.

(2) M. Klippel. — *Arrêts des développements consécutifs aux lésions locales datant de l'enfance.* (Revue de médecine t. XIII, 1893; Presse médicale, 31 juillet 1897). — A. Daniel. — Thèse de la Fac. de Méd. de Paris, 1899.

(3) Lesbre et Forgeot.—*Etude anatomique de cinq animaux ectromèles, suivie de considérations générales sur l'ectromélie.* (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, 1902).

constitution du système nerveux peut être aussi bien une conséquence qu'une cause.

En fait, il y a des cas où la moelle a marqué sa prépondérance, il en est beaucoup d'autres où cette prépondérance est franchement controuvée. Il est absolument hors de doute que toute une série de monstruosités sont antérieures, soit à la formation du système nerveux, soit à l'établissement de relations entre ce système et les organes.

Quant à l'affirmation des médecins qui ne voient dans la tératologie du cœur que des maladies de l'embryon, elle ne résiste pas à l'examen le plus superficiel. Sans doute, un rétrécissement orificiel serait capable d'opposer à la circulation un obstacle tel, qu'il en résultât un excès de pression, et cet excès de pression pourrait fort bien empêcher la formation complète d'une cloison; mais, ainsi que le fait remarquer Moussous (1), comment un tel phénomène pourrait-il se produire, puisque les cloisons sont complètement achevées, avant que les ébauches des valvules sigmoïdes et des valvules auriculo-ventriculaires aient acquis un développement suffisant, pour qu'une endocardite puisse faire d'elles un sérieux obstacle à la circulation ?

Au surplus, il est une observation qui semble devoir lever tous les doutes : c'est que les tissus d'organes embryonnaires anormaux sont le plus souvent des tissus histologiquement sains, chez lesquels on ne retrouve aucune trace d'altération morbide. Par là, il semble bien établi, mieux encore que par toute autre considération, que les lésions pathologiques n'entrent pas nécessairement en ligne de compte dans les productions tératologiques.

Cet argument n'est pas de nature, cependant, à convaincre les partisans de la théorie pathologique; ils l'éludent par prétérition, au moyen de considérations très simples. « Chez l'embryon, écrit M. Mathias-Duval (2), il n'y a pas encore d'organes en fonctions, il y a seulement des *organes en formation* ; la formation des parties est, pour ainsi dire, la fonction générale de l'embryon. Aussi les causes pathogéniques ne peuvent-elles produire que des troubles de formation, de développement; c'est-à-dire, aboutir à des malformations, à des monstruosités en un mot. C'est pourquoi la *pathologie générale de l'embryon* n'est autre chose que l'étude des anomalies de l'organisation, que la *tératologie* et la *tératogénie*. » Il n'est donc

(1) Op. cit.

(2) Mathias-Duval. — *Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.* Traité de Pathologie générale de Bouchard. T. I, 1895, p. 159.

pas nécessaire qu'un tissu soit pathogéniquement altéré, pour qu'il y ait état morbide, il faut et il suffit que le développement soit troublé. « La malformation, l'état monstrueux d'une partie n'est pas la conséquence d'une maladie subie par cette partie ; cet état monstrueux, ce développement anormal constitue la maladie même ; en d'autres termes, chez l'embryon, une cause pathogène ne détermine pas une maladie qui, à son tour, produit une monstruosité ; la cause pathogène produit directement la monstruosité, le défaut ou l'arrêt du développement, et elle ne peut produire autre chose, puisque l'embryon ne traduit sa vie et ses fonctions que par des actes de développement, et que les troubles de sa vie et ses fonctions ne peuvent être que des troubles de développement. »

Cette manière de voir ne manque pas d'une certaine ingéniosité ; conférant au domaine pathologique une étendue sans limites, elle permet d'englober dans ce domaine toute la série des faits anormaux, sans qu'il soit nécessaire de supposer, au préalable, une altération morbide, au sens habituel du mot. Cependant, il ne suffit pas de transformer les définitions pour changer la nature des choses et vraiment il paraît bien difficile de considérer comme une maladie, fut-elle embryonnaire, certaines anomalies telles que le pouce bifide, les mamelles surnuméraires, etc. Et si pour celles là en particulier la contradiction est flagrante entre l'assimilation que l'on veut en faire et leur nature réelle, la contradiction n'est pas moindre pour l'ensemble des autres, si l'on examine de près la question.

En somme, la théorie consiste à dire que l'embryon est un organisme spécial, dont les réactions vis-à-vis des actions pathogènes diffèrent sans doute des réactions du fœtus et de l'adulte, mais restent cependant des réactions morbides. Tandis que chez l'adulte la maladie est un trouble des fonctions, elle est chez l'embryon un trouble du développement, celui-ci étant considéré comme une fonction (1). Raisonner ainsi, c'est confondre le résultat apparent avec l'essence même d'un phénomène. Le trouble d'une fonction n'est pas nécessairement une maladie ; il peut être, par exemple, le résultat tout à fait momentané d'une action mécanique absolument contingente. Le trouble du développement n'est pas davantage dans tous les cas une maladie ; il peut avoir et il a fréquemment

(1) Il faudrait, au préalable, démontrer cette affirmation. .. hardie. Le développement consiste à donner aux organes un volume et une structure déterminés ; sauf à jouer sur les mots, ce n'est point là une fonction. Si l'on veut comprendre les phénomènes et éviter des confusions, il importe d'abord d'attribuer aux mots un sens précis.

pour origine une adaptation pure et simple à des incidences externes inaccoutumées. Ce qui constitue la maladie, c'est la désintégration ou la tendance à la désintégration des éléments anatomiques ; le trouble de la fonction ou du développement n'en est que la conséquence. Or, qu'il s'agisse d'embryon, de fœtus ou d'adulte, ce sont toujours les éléments anatomiques qu'il importe de considérer ; le phénomène morbide reste toujours essentiellement le même : une désintégration ou une tendance à la désintégration. C'est là un fait d'observation courante, sur lequel il ne paraît pas utile d'insister. Considérés en soi, les processus tératologiques ne présentent nullement cette tendance ; ils portent sur des tissus sains, dont l'histogénèse se déroule sans encombre et qui aboutissent à des organes adultes, histologiquement comparables, et parfois identiques aux tissus normaux.

Seulement, ces organes se sont constitués d'une façon différente, par des voies inaccoutumées ; leur évolution morphologique est parfois une évolution spéciale, parfois aussi cette évolution ne se distingue de l'évolution normale que par des caractères tout-à-fait accessoires. Parfois enfin ce sont des organes absolument nouveaux, qui doublent les organes habituels, telles les mamelles surnuméraires aberrantes, ou qui se substituent à eux. Pour emprunter une définition à Isodore Geoffroy-Saint-Hilaire, qui avait eu l'intuition, plutôt que la vue précise de l'opposition existant entre l'état pathologique et l'état tératologique, nous dirons que « l'un change ce qui a déjà été fait, l'autre ce qui doit se faire » (1).

Au demeurant, l'erreur initiale, d'où dérive la manière de voir que nous venons de réduire à sa valeur, réside dans une fausse conception des agents externes. On considère que l'essence même d'un agent est d'être pathogène, que son rôle est de déterminer toujours, quoi qu'il arrive, un état morbide, et, sans pousser plus loin l'analyse, on appelle état morbide tout ce que produit cet agent. En réalité, la propriété pathogène est une propriété contingente, dépendant uniquement des conditions dans lesquelles l'agent intervient. Il importe donc de distinguer nettement, si l'on veut mettre un peu d'ordre dans l'esprit et dans les choses, deux ordres de phénomènes embryonnaires, les uns morbides, les autres anormaux (2).

(1) Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, T. III, p. 445.

(2) Il est d'autres auteurs qui assimilent complètement les états morbides et les états tératologiques et pour des raisons parfois singulières. M. Féré, par

On ne saurait contester, en effet, qu'un embryon, qu'un fœtus puisse être atteint de maladie. Il est probable même que la plupart des états morbides, surtout ceux qui frappent la première enfance, peuvent intervenir sur un organisme fœtal. Les faits signalés par Delplanque (1) desquels il semble ressortir qu'une maladie infectieuse, ou simplement inflammatoire, a provoqué des phénomènes tétaniformes, et peut-être même déterminé des déformations consécutives à des contractions tétaniques, ne paraissent pas discutables. Il peut y avoir également des phénomènes paralytiques, d'où résulteraient certaines dispositions vicieuses, telles que celles des pieds bots.

En outre, il est à croire que les tissus en voie d'évolution possèdent, sinon l'apanage exclusif de certaines affections, du moins l'apanage de certaines réactions. C'est ainsi que l'inflammation des vaisseaux peut suivre chez le fœtus une marche très particulière et aboutir à un résultat, dont on ne trouve pas l'analogue chez l'adulte, ni même chez le nouveau-né.

La Pseudencéphalie est un remarquable exemple de ces altérations pathologiques intéressant le système vasculaire et entraînant la disparition plus ou moins complète du système nerveux. Les coupes histologiques publiées par MM. N. Vaschide et Cl. Vurpas (2)—et que ces auteurs ont bien voulu me permettre d'examiner — sont très instructives à cet égard ; elles éclairent d'ailleurs certaines descriptions antérieures de Pseudencéphaliens, pour lesquelles l'examen microscopique n'a pas été fait, ou n'a été fait que d'une façon insuffisante (3).

exemple, se fonde sur ce fait que les uns et les autres présentent des phénomènes d'hérédité dissemblables. Il ne s'agit ici que d'observations extrêmement superficielles, dans lesquelles les recherches anatomiques ne jouent aucun rôle.

Au surplus, il est tout à fait impossible de déterminer si ce sont les phénomènes morbides qui sont tératologiques ou les phénomènes tératologiques qui sont morbides ou si les uns et les autres forment une catégorie spéciale. Les définitions fondamentales, qui eussent été necessaires, font complètement défaut; l'analyse des faits est à peine ébauchée. Il n'y a pas lieu d'insister sur des considérations imprécises, qui ont pour frêle fondement de vaines apparences et de vagues analogies.

(1) P. Delplanque. — Op. cit.

(2) N. Vaschide et Cl. Vurpas. — *Recherches sur la structure anatomique du système nerveux chez un Anencéphale* (Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, 1901). L'appellation d'anencéphale attribuée à ce sujet constitue une erreur ; il s'agit vraiment d'un Pseudencéphalien nosencéphale.

(3) Sabrazès et Ulry. — *Arrêt de développement de l'encéphale associé à des malformations médullaires, crâniennes et oculaires* (Soc. de Biologie, 13 mai

Les coupes transversales de la moelle lombaire permettent de voir des vaisseaux atteints par une inflammation extrêmement intense, qui se propage aux méninges ; les éléments nerveux sont altérés dans une mesure variable ; ils paraissent être numériquement au complet. Au fur et à mesure que l'on remonte de la moelle lombaire vers les centres cérébraux, on constate que l'inflammation vasculo-méningée s'accentue : les canaux sanguins se dilatent, se multiplient peut-être même, dans tous les cas, ils envahissent peu à peu la substance nerveuse, se substituent à elle, tandis que les cellules médullaires s'atrophient et dégénèrent. On assiste à la dispariton progressive de la masse cérébro-spinale ; il n'en reste bientôt plus que quelques fragments épars dans le sein d'une tumeur sanguine, et l'on se rend compte que le système nerveux tout entier est destiné à subir le même sort, par suite de l'envahissement vasculaire, ainsi que cela se produit dans un certain nombre de cas.

On ne peut mettre en doute qu'il ne s'agisse, en l'occurrence, d'un phénomène purement pathologique et que la Pseudencéphalie doive être rayée du cadre tératologique proprement dit : le Pseudencéphale est un fœtus primitivement normal, dont le système nerveux a été secondairement détruit. Cette destruction est comparable à celle que produit le noma ou le lupus ; au même titre qu'eux, elle simule une anomalie par arrêt de croissance ou de développement : il n'y a là qu'une ressemblance fort grossière.

A côté de ces cas, dont le caractère franchement et uniquement morbide est indéniable, s'en trouve toute une série d'autres caractérisés par des tissus absolument normaux, quel que soit le type tératologique considéré.

La distinction entre les états pathologiques congénitaux et les états anormaux vrais s'impose de la façon la plus complète. C'est, en partie, pour n'avoir pas vu cette distinction nécessaire, pour s'être laissé influencer par le caractère éminemment accessoire de la congénialité, que de très bons esprits ont pu être entraînés à faire de la tératogénie un petit chapitre, presque un simple paragraphe de pathogénie.

1899). De la description, il ressort nettement que l'on a affaire à un chien pseudencéphale. La lésion des vaisseaux est notée : cependant les auteurs rejettent le fait d'endartérite sous prétexte que le chien ne peut être syphilitique, comme si l'endartérite ne pouvait avoir d'autre origine. Ils concluent à un phénomène d'adhérence amniotique et admettent un développement fragmentaire du système nerveux, alors que, bien au contraire, on se trouve en présence de destructions partielles. La description, d'ailleurs, contredit les conclusions à chaque ligne.

L'erreur sur laquelle repose la théorie pathologique a une autre cause encore.

Les modifications tératologiques se trouvent parfois intimement confondues avec des lésions pathologiques. Ces dernières prennent le dessus, accaparent l'attention des observateurs non prévenus et conduisent très naturellement à la confusion des processus. En réalité, il y a superposition de deux états absolument distincts dans leurs essence ; c'est un monstre, au sens vrai du mot, qui est devenu malade par surcroît.

A l'appui de cette affirmation, il est aisé de donner des exemples, et l'on peut poser en principe qu'il n'y a pas de monstruosité sur laquelle ne puisse se greffer une maladie, tout comme une maladie se greffe sur un individu normal. Seulement, pour se rendre un compte exact du phénomène de superposition, il ne faut pas se contenter d'examiner un nouveau-né, c'est-à-dire un individu qui a parcouru l'ensemble de ses phases évolutives et chez lequel un processus morbide secondaire est venu masquer, d'une façon plus ou moins complète, les caractères anormaux distinctifs.

Si l'on veut dissocier les phénomènes d'une façon précise, il est indispensable d'avoir recours à l'observation d'un certain nombre d'embryons et surtout de jeunes embryons de même espèce tératologique. On constate, alors, que chez les uns, l'action tératogène est seule en cause : on ne relève aucune trace d'altération destructive, les tissus sont parfaitement sains ; tandis que chez les autres, les tissus qui affectent la même disposition anormale, spéciale au type considéré portent, par surcroît, la marque précise d'une intervention pathogène. Souvent même, on décèle l'agent du dommage, une hydropisie plus ou moins accentuée, par exemple.

Procédant ainsi par comparaison, il devient évident que le processus pathologique est venu se surajouter, pour le détruire, à un processus tératologique, comme il peut aussi se surajouter à une évolution normale et l'entraver dans sa marche. L'étude récente que j'ai consacrée aux Cyclocéphaliens (1) m'a fourni d'intéressants exemples de ces phénomènes. J'ai vu, d'une part, des individus parfaitement sains, mais anormaux, et d'autres également anormaux, mais malades, tous caractérisés par le même processus tératologique. J'ai vu également que l'hydropisie, entre autres actions morbides, lorsqu'elle intervient sur un embryon normal, ne provoquait aucun processus nouveau, que, bien au contraire, elle arrêtait ou supprimait les éléments qui venaient de se différencier.

(1) Étienne Rabaud. — *Recherches embryologiques sur les Cyclocéphaliens.* (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, 1901-1902).

Maintenant, on peut se demander, si la superposition des deux états résulte toujours de l'action successive ou simultanée de deux causes distinctes, ou bien si cette superposition n'est pas, dans certaines circonstances, le produit de l'action d'une seule et même cause.

Il est certain, en effet, que les monstruosités compliquées de maladies apparaissent souvent, alors qu'on a simplement constaté l'incidence d'un facteur, qui aurait déterminé une maladie chez un adulte. De là à faire d'un processus anormal un processus morbide, il n'y a qu'un pas ; nous avons vu à l'aide de quelles raisons ce pas a été franchi, et comment on en arrive à considérer comme malades, des individus qui sont simplement conformés d'une façon différente de la conformation normale.

## II. Action primaire et action secondaire des facteurs externes.

Assurément, si l'on se contente de vues superficielles, il y a dans ce fait de l'intervention d'un seul facteur, quelque chose qui prête à la confusion, qui nécessite presque cette confusion. L'analyse attentive des phénomènes conduit à une tout autre conception et met en lumière des notions d'une réelle importance.

Lorsqu'un facteur incident entre en relations avec un organisme embryonnaire, le mode d'action de ce facteur est lié aux conditions diverses dans lesquelles ce facteur intervient. En outre de sa nature propre, qui détermine le sens général des réactions, cet agent possède des qualités extrinsèques de durée, de moment d'action, d'intensité.

Nous n'insisterons pas ici sur la durée et sur le moment de l'action, non que leur importance soit négligeable, mais parce que ces qualités n'ont pas un rapport immédiat avec la question qui nous occupe. Nous nous arrêterons, au contraire, sur l'intensité, car c'est par l'analyse exacte des intensités diverses d'un même agent, que nous arriverons à comprendre la différence absolue qui sépare un état pathologique d'un état tératologique.

D'une façon générale, il est à penser que de l'action faible d'un agent ne résulte pas une variation aussi marquée que de l'action forte de ce même agent. Mais, faible ou forte, cette action est toujours vraisemblablement de même sens, si elle s'exerce toujours dans les mêmes conditions et dans certaines limites. Les expériences connues de Hérbst et d'autres sont, à ce point de vue, extrêmement instructives : elles nous montrent des modifications

comparables s'établir sur une surface d'autant plus grande que l'intensité de l'action est plus forte (1). Ces expériences nous révèlent, en outre, qu'au delà de certaines limites, si la variation histologique peut encore s'établir, elle s'établit mal ; l'organisme paraît être en état de souffrance, il vient un moment où la différenciation cesse de s'effectuer, il se produit une désintégration plus ou moins rapide : à l'action tératogène du facteur est venue s'adjoindre une action destructive.

Pour poser nettement la question, considérons l'expérience la plus simple, celle qui consiste à utiliser comme agent modificateur des variations de température. Camille Dareste, qui a mis fréquemment en œuvre ce procédé, a pu établir d'une façon positive que l'œuf de poule se développe normalement sous l'influence d'une température variant de 35 à 39°. Au-dessous de 35° et au-dessus de 39° le développement est anormal ; si la chaleur fournie à l'embryon est inférieure à 30°, ou si elle est supérieure à 42°, les premiers phénomènes évolutifs s'ébauchent à peine, le germe ne tarde pas à mourir.

Tels sont les résultats bruts de l'expérience. Si l'on cherche à analyser les phénomènes, si on les rapproche des variations provoquées sur des éléments normaux adultes par divers excitants, on est conduit à établir un certain nombre de distinctions.

A 39°, chiffre maximum, le développement s'effectue encore d'une façon normale ; au-dessus, il devient anormal. Il n'est pas à croire que, subitement, sans transition, en s'élevant de 39° à 39°1, la température détermine un développement monstrueux ; qu'il en sera ainsi, sans modification, jusqu'à 42°, et qu'à ce moment la mort surviendra, alors que l'embryon était encore plein de vie à 41°9. Des considérations semblables s'appliquent à tous les agents possibles.

Selon toute évidence, il n'y a pas et ne peut y avoir de ces sauts inopinés ; d'une intensité à l'autre, les effets d'un même agent sont certainement liés par une transition ménagée.

A partir du moment où une action cesse d'être absolument normale, jusqu'au moment où elle devient franchement anormale, les réactions du protoplasme avec le milieu subissent nécessairement une série de modifications graduellement croissantes. Lorsque l'intensité est très faible, la différence qui existe entre les échanges normaux et les échanges anormaux est très peu marquée, trop peu

(1) Voir Étienne Rabaud *Le déterminisme expérimental et l'individualité du germe.* (Revue de l'École d'Anthropologie de Paris, décembre 1901).

pour que cette différence soit capable de donner naissance à une variation histologique appréciable ; les éléments, quoique réellement modifiés dans leur état chimique, restent anatomiquement et fonctionnellement semblables aux éléments normaux de même nom.

Pour prendre un exemple, supposons que l'agent considéré détermine certaines régions de l'ectoderme, normalement destinés à fournir de la peau, à se différencier dans le sens nerveux, provoque la multiplication des plasmas spéciaux aux cellules nerveuses. L'intensité très faible de cet agent entraînera la multiplication de ces plasmas, mais elle le fera dans une faible mesure, de sorte que les éléments modifiés, quoique renfermant une proportion de substance nerveuse plus grande que les cellules ectodermiques cutanogènes, ressembleront cependant encore de très près à ces cellules ectodermiques ; le microscope ne révèlera aucune différence sensible, leur fonction ne sera pas modifiée.

Considérons maintenant des intensités plus fortes, mais encore relativement faibles. Ces intensités modifient les échanges dans une plus large mesure, par suite elles modifient la constitution chimique du protoplasma, la différenciation dans le sens nerveux sera accentuée et il en sera ainsi pour un certain nombre d'intensités successives.

Néanmoins, l'apparence extérieure de ces éléments ne traduira pas encore cette variation graduellement croissante, la fonction des divers groupes cellulaires restera la même et, par suite, l'évolution individuelle aboutira à un être morphologiquement normal. Toutefois, la différenciation, et avec elle la fonction, sera en voie de transformation et il suffira souvent d'un très léger accroissement dans l'intensité, pour que cette transformation, occulte chez les individus soumis aux intensités inférieures, devienne nettement apparente chez les individus soumis aux intensités immédiatement supérieures. Aux yeux d'un observateur superficiel, ou qui examine isolément les individus soumis à diverses intensités, il paraîtra y avoir une différence très tranchée entre les premiers et les seconds, tandis que, en réalité, les uns et les autres constituent une série continue. Même il serait possible de voir la suite des transformations, en comparant les résultats obtenus par l'action de diverses intensités.

En fait, il y aura, chimiquement, un écart beaucoup moindre entre les tissus franchement anormaux et ceux qui ne paraissent avoir subi aucune modification, qu'entre les tissus complètement

normaux et ceux qui ont été soumis à l'action des plus faibles intensités. Chez ceux-ci, en effet, la constitution protoplasmique est caractérisée par la présence de substances que ne renferment pas les tissus normaux, il existe entre eux et ces derniers une différence *qualitative*, tandis que, entre les tissus d'apparence normale, mais modifiés, et les tissus nettement transformés, il n'existe vraiment qu'une différence *quantitative*.

Les larves au lithum d'Herbst me paraissent, à ce point de vue, fournir un exemple concret. Considérons l'une des larves obtenues par l'une quelconque des solutions lithinées et sur cette larve examinons, non pas la zone franchement endodermique ni la zone franchement ectodermique, mais la zone de transition entre les deux sortes d'éléments. Nous trouvons toute une série d'éléments de passage de l'ectoderme vers l'endoderme, dont les modifications successives sont à ce point insensibles que l'œil ne peut discerner une ligne précise de démarcation entre le feuillet externe et le feuillet interne. Nonobstant, l'action tératogène commence à se faire sentir sur les éléments voisins des éléments ectodermiques; le protoplasma de ces éléments renferme déjà quelques granulations vitellines, tandis que les cellules de l'ectoderme normal n'en renferment point. Ces granulations deviennent progressivement de plus en plus nombreuses, jusqu'au moment où leur présence est absolument manifeste. Supposons qu'à la suite d'une dissociation, nous soyons conduits à examiner isolément chacune des cellules de la zone de transition, les unes nous paraîtront nettement ectodermiques, les granulations vitellines étant en trop petit nombre pour être aperçues ; d'autres nous paraîtront nettement endodermiques, et peut-être serions-nous tentés de dire que les premières ont subi sans dommage l'action lithique, tandis que cette action a subitement provoqué une variation chez les autres.

Ainsi, entre l'instant où intervient un facteur avec son intensité minimum et l'instant où l'intensité devient suffisante pour détourner franchement les différenciations de leur voie normale, l'histogénèse subit une série de modifications progressivement croissantes. Il ne semble pas qu'il y ait des cas où, un facteur étant donné, l'organisme supporte son action sans réagir, aussi faiblement que ce soit. Sans doute, sous l'effort une intensité très faible, la constitution anatomique des éléments reste telle, que c'est la différenciation normale qui prévaut ; cette constitution n'en diffère pas moins de ce qu'elle devrait être : si la disposition morphologique des tissus est normale, leur état histologique tend vers une constitution différente de l'état habituel.

Considérons maintenant le cas où la valeur de l'intensité est suffisante, pour imprimer franchement à l'histogenèse de certains groupes une direction nouvelle. Les données expérimentales nous apprennent qu'il y a plus d'une valeur de l'intensité capable de déterminer un tel résultat ; en particulier, l'examen des effets des températures élevées montre que l'action tératogène se fait nettement sentir entre 40 et 42°, qu'à son terme ultime, si le développement s'effectue encore, les organismes n'en sont pas moins sur les limites de la mort. Il est donc à penser que les diverses intensités tératogènes, si elles déterminent au même titre une histogénèse spéciale, ne se comportent pas toutes, cependant, de la même manière vis-à-vis des éléments anatomiques.

Assurément, il reste entendu que chaque valeur de l'intensité se traduit par une modification plus ou moins grande dans un sens donné. La question est de savoir pour quelle raison une intensité déterminée cesse d'être compatible avec la persistance de la vie.

Nous devons considérer, puisqu'il y a des monstres et qui survivent, qu'un certain nombre de valeurs de l'intensité permettent aux éléments cellulaires de procéder aux échanges indispensables de la façon la plus satisfaisante ; l'évolution se poursuit jusqu'à atteindre l'état adulte.

Cependant, les échanges ne s'effectuent pas exactement dans les mêmes conditions pour toutes les intensités. Sans doute, l'agent externe conserve son mode d'action spécial, qui détermine les variations histologiques et ce sont ces variations qui se produisent tout d'abord, qui se produisent seules en suivant un accroissement progressif, soit que la transformation des éléments intéressés soit plus nette, soit que la transformation porte sur un plus grand nombre d'éléments. Mais il vient un moment, lorsque l'intensité atteint un certain degré, où cette intensité détermine en outre et simultanément d'autres modifications protoplasmiques, aboutissant à la dégénérescence ou à la désintégration. Ces modifications sont le résultat de la formation de substances nouvelles, qui ne sont plus du protoplasma, mais se substituent à lui. Par leur présence, elles diminuent plus ou moins, suivant leur quantité, les échanges vitaux et tendent à entraîner la destruction de l'élément cellulaire qu'elles frappent. Le phénomène se comprend très aisément, si l'on se souvient que le protoplasma est un mélange complexe de substances, dont les affinités et les réactions diffèrent. La sensibilité, l'affinité de certaines de ces substances pour un facteur donné n'entre en jeu que lorsque ce facteur intervient avec telle intensité, tandis qu'elle ne se manifeste pas avec telle autre.

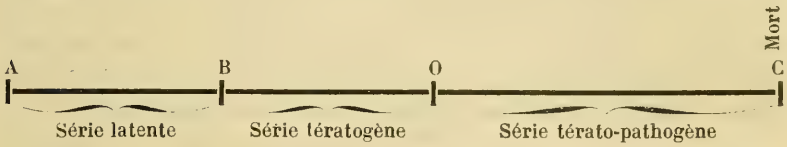
Dans le cas de la température qui nous sert d'exemple, il est des substances qui, à un certain degré, subissent simplement une modification chimique, mais restent à l'état de substance vivante, tandis que d'autres persistent avec leur constitution antécédente. Si la température augmente, la variation histologique se produit encore, mais d'autres substances, qui ne l'avaient point encore ressentie, subiront l'action de l'agent. Cette action ne détermine plus en elles une variation chimique laissant le protoplasma vivant, elle détermine la formation d'une substance relativement stable ou complètement inerte, incapable de prendre part aux échanges vitaux. Toutes les substances constitutives du protoplasma ne subissent pas cette action à la même température ; l'intensité peut être telle que l'action destructive soit relativement insignifiante et que les cellules continuent de vivre, tout en étant le siège d'une variation histologique. Néanmoins les réactions vitales sont nécessairement moins vives.

On comprend, dès lors, que l'on obtiendra toute une échelle de modifications sur des organismes semblables, soumis à des températures de plus en plus élevées ; la destruction protoplasmique acquerra une importance croissante, les réactions vitales une diminution correspondante. A la limite, la destruction intervenant dans une large mesure sur l'ensemble de l'organisme et en particulier sur les substances que la chaleur avait simplement, jusqu'ici, histologiquement transformées, ce sera la cessation de tout phénomène vital, la mort. Insistons sur ce point que pour certaines intensités, confinant à l'*intensité-limite*, la variation histologique, *phénomène primaire*, se produit encore : la vie se prolongera donc un certain temps, mais l'insuffisance des échanges entraînera fatalement la mort à brève échéance.

La même explication s'adresse à tous les facteurs incidents. Chacun d'eux a une double action, l'une *primaire* ou *tératogène*, l'autre, *secondaire* ou *pathogène* ; l'une et l'autre se dissocient nettement ou se confondent suivant la valeur de l'intensité. Le phénomène est comparable à celui que l'on observe pour un très grand nombre de substances médicamenteuses, dont l'action est très différente suivant la dose utilisée. C'est ce que les thérapeutes expriment par les termes de *dose thérapeutique* et *dose toxique*. Suivant toute vraisemblance, à dose faible ou moyenne la substance est tout entière utilisée par le protoplasma ; à dose plus élevée, il reste un excès permettant à d'autres affinités de s'exercer, déterminant, par suite, d'autres modifications, celles-ci destructives du

protoplasma. C'est ainsi que les solutions de lithium entraînent la production de granulations vitellines par *action primaire*, jusqu'au moment où *l'action secondaire* intervenant avec les solutions à titre élevées, les échanges généraux se font mal et les organismes meurent (1).

Les considérations qui précèdent peuvent se traduire d'une façon concrète par le graphique suivant :




Représentant par une ligne droite la série des intensités d'un même agent, nous marquons en A le début de l'action avec l'intensité minimum, en B le moment où les processus anormaux sont marqués d'une façon positive, en C le moment où l'intensité atteint son maximum compatible avec l'existence.

Entre A et B se place la série des intensités sous l'influence desquelles l'histogénèse, tout en se modifiant, laisse encore s'établir, morphologiquement, les processus normaux. La distance B-C se divise en deux parties : dans la première se place la série des intensités nettement et uniquement tératogènes, sous l'influence desquelles naissent des processus anormaux et des individus viables. Nous marquons au point O la limite extrême de cette série. Au delà du point O et jusqu'en C, à l'action tératogène s'adjoint une action destructive quelconque, action qui va croissant, rend de plus en plus difficile la vie des éléments, et par suite celle de l'individu. Cette série d'intensités mérite le nom de *série critique* ou série *térato-pathogène*. L'action primaire et l'action secondaire marchent de concert, le terme sera d'autant plus éloigné que l'action croîtra moins rapidement.

Les diverses distances A-B, B-O, O-C ont une grandeur variable suivant le facteur considéré et suivant l'organisme soumis à son influence. Chacune d'elles pourra renfermer un très grand nombre ou un très petit nombre d'intensités, mais toutes les intensités seront toujours représentées, chaque fois que l'on aura affaire à un agent tératogène.

Les rapports qu'affectent entre elles les diverses séries subissent

(1) Les corps les plus toxiques ont cette propriété : à dose infinitésimale le sublimé, par exemple, active la nutrition.

aussi des variations considérables. A cet égard, il est possible de prévoir des cas extrêmes, celui par exemple ou la *série latente* A-B sera extrêmement chargée. Cela voudra dire que l'agent n'a qu'un faible pouvoir tératogène et, dans l'occurrence, toutes les autres séries renfermeront, elles aussi, un très grand nombre d'intensités, car l'organisme étant peu sensible à l'action des facteurs, les échanges se produiront longtemps, comme si ces facteurs n'intervenaient pas. Inversement, le cas pourra se présenter où la *série latente* A-B sera réduite au minimum ; la *série tératogène* B-O sera elle aussi extrêmement réduite, tandis que la *série critique* O-C, sans se prolonger beaucoup, acquerra toute l'importance. A la limite, A-B et B-O ne seront plus représentées ; cela voudra dire que l'agent considéré n'a aucun pouvoir tératogène, qu'il est purement et simplement pathogène. Si, en effet, les premiers effets d'un agent sont des combinaisons stables ou des décompositions définitives, il est clair qu'il ne pourra se produire en même temps, du moins en quantité suffisante pour être appréciables, des variations histologiques (1).

Au point de vue qui nous occupe, la série *critique* ou *tératopathogène* est particulièrement intéressante. Elle nous met en état de comprendre comment un même agent externe peut produire à la fois un processus tératologique et un processus pathologique. Par elle aussi nous est expliquée la nature de l'erreur, qui entraîne à dire qu'un monstre est nécessairement un malade. Nous voyons nettement qu'un même facteur peut être à la fois pathogène et tératogène ; mais nous voyons aussi que ces deux actions ne se confondent nullement, que pathogénie et tératogénie ne sont pas, ne peuvent pas être une seule et même chose. Les deux actions, comme les deux résultats, doivent être rigoureusement dissociées, elles sont le fait de réactions distinctes, qui se produisent entre des

(1) Il y aurait une circonstance capable de faire varier les diverses séries dans une certaine mesure. Lorsqu'au lieu de placer d'emblée un organisme sous l'influence d'une intensité donnée, on commence à faire agir sur lui une intensité faible et qu'on augmente au fur et à mesure que l'évolution se poursuit, il est possible d'augmenter beaucoup cette intensité sans provoquer de processus anormaux. Tel serait le *phénomène de l'accoutumance*. (Ch Féré, *Accoutumance de l'embryon à un milieu toxique. Soc. de Biol.*, 1897, pp. 597 et 627). En réalité, le phénomène est assez complexe, les réactions de l'organisme variant au fur et à mesure que l'évolution se poursuit, l'intensité des facteurs étant fonction de la masse embryonnaire Il se pourrait que l'accroissement de masse vint contrebalancer l'augmentation de l'intensité et que tout se passe, comme si l'intensité restait invariable.

parties différentes du protoplasma (1). L'effet morbide ne peut que détruire ou annihiler l'effet tératogène, il y a antagonisme au dernier chef (2).

Il existe des monstres qui ne sont pas des malades et des malades qui ne sont pas des monstres. Mais il existe aussi des monstres malades. Chez ces derniers, il n'est pas toujours possible de découvrir le facteur pathogène surajouté au facteur tératogène ; et c'est pourquoi, sans doute, négligeant les faits contradictoires où des individus comparables sont caractérisés, les uns par l'intégrité, les autres par l'altération de leurs tissus, divers observateurs n'ont pas hésité à admettre que les facteurs de monstruosités avaient nécessairement une action pathogène (3).

Les considérations qui précèdent réduisent à sa valeur cette interprétation ; elles nous permettent d'affirmer que la modification spéciale d'un tissu, d'où résulte une anomalie, est toujours, dans tous les cas, une adaptation pure et simple aux conditions imposées par une incidence donnée.

### III. Localisation des actions primaire et secondaire

A la question de l'intensité térato-pathogène s'adjoint nécessairement la question de savoir, si l'action primaire et l'action secondaire se localisent sur les mêmes éléments cellulaires ou sur des éléments différents.

Les deux éventualités sont certainement réalisées. Le plus sou-

(1) L'action pathogène ne se fait pas sentir nécessairement sur les cellules qui ont subi l'action tératogène. Il peut se faire que ce soient d'autres cellules qui deviennent malades et troublent l'organisme dons son ensemble. Nous allons revenir sur ce point.

(2) Tous les facteurs n'interviennent pas en déterminant des différenciations ; il en est qui modifient les échanges en plus ou en moins sans en changer le sens. L'action tératogène est alors limitée à des phénomènes d'arrêts ou d'excès, mais les tissus restent parfaitement sains ; il s'agit d'une simple différence dans la croissance ou la différenciation. Tout ce qui précède s'applique intégralement à ces phénomènes.

(3) Le Double a prétendu (*De l'épididymite blennorrhagique*, Association française pour l'avancement des Sciences, Paris 1878 ; *discussion sur le testicule ectopique*, Association des anatomistes, Montpellier 1902, p. 98) « qu'un organe malformé ou déplacé est prédisposé à toutes sortes de maladies ». La déformation ni le déplacement ne jouent et ne peuvent jouer aucun rôle. La soi-disant « loi de Le Double » n'exprime nullement une relation de cause à effet. Si un organe est malade par surcroît c'est qu'il a été soumis à deux actions superposées, mais non liees d'une façon quelconque.

vent, si l'on en juge par les indications embryologiques, le tissu tératologique malade est un tissu, dont les éléments ont subi simultanément une modification histogénique adéquate à l'action primaire et une altération morbide adéquate à l'action secondaire. Dans ce cas, ce ne sont pas les mêmes parties du protoplasma qui sont en cause, ce sont des parties indépendantes les unes des autres et caractérisées par des affinités spéciales. Les unes réagissent à l'action primaire et se multiplient ; les autres réagissent à l'action secondaire et se détruisent. Ces dernières sont en nombre d'autant plus grand que l'intensité est plus forte ; il vient un moment, sans doute, où la cellule est altérée dans toutes ses parties.

La localisation des deux actions sur des parties distinctes *d'un même élément cellulaire* semble être le cas le plus fréquent : le tissu anormal est en état de souffrance et il n'existe nulle autre part dans l'organisme embryonnaire, une ébauche ou un système d'ébauches altérées, pouvant avoir entravé, par contre-coup, le développement du tissu tératologique.

Il est des cas, au contraire, où l'on constate l'existence d'un état pathologique parfaitement défini, par exemple une hydropisie embryonnaire plus ou moins grave. La plupart des tératologistes n'hésitent pas, alors, à mettre la production de cette monstruosité sur le compte de cette hydropisie. Une telle interprétation est encore le résultat d'une confusion nouvelle.

Sans doute, l'hydropisie peut être le fait d'une action purement pathogène, relevant d'un facteur indépendant du facteur tératogène ; mais s'il en est ainsi, l'hydropisie intervient à son tour pour détruire les tissus, dont elle gêne la nutrition, — pour empêcher les différenciations de se produire ou de se poursuivre, si elles sont ébauchées ; elle n'a nullement le pouvoir de déterminer une formation ou un mode évolutif quelconque. Lorsque l'hydropisie intervient au cours d'une ontogenèse *normale*, celle-ci conserve son allure générale, mais ses tissus tendent vers la destruction et il ne fait point de doute que cet état morbide résulte d'une action pathogène surajoutée. Lorsque l'hydropisie coexiste avec une ontogenèse *anormale*, il est tout aussi évident que l'hydropisie est également surajoutée, qu'elle entrave l'ontogénèse et ne la crée point. C'est ce que l'observation directe permet de constater. Chez les embryons monstrueux et en même temps hydropiques, les éléments histologiques manifestent un état de souffrance plus ou moins accentué, la désintégration cellulaire est parfois assez marquée, la prolifération, dans tous les cas, semble nettement suspendue. Tout indi-

que une dystrophie, devant aboutir à bref délai à la mort de l'individu.

Or, il paraît infiniment probable que l'hydropisie embryonnaire, dans ces circonstances, est sous la dépendance de l'action secondaire du facteur qui détermine l'anomalie par action primaire. Cette hydropisie est la manifestation sensible des décompositions ou des combinaisons inertes portant, non plus sur des éléments du tissu monstrueux, mais sur les ébauches vasculaires. On observe constamment en effet, chez les embryons hydropiques, un retard marqué dans la formation du réseau vasculaire. Les divers îlots, ébauches premières de ce réseau, persistent à l'état d'îlots tendant à désagréger, ils ne forment point un réseau, du moins un réseau suffisant. L'appareil circulatoire est altéré avant que d'être complètement constitué ; il s'en suit une dystrophie considérable, une transsudation excessive de liquide à travers les parois et l'envahissement des tissus par ce liquide. Les tissus cessent d'évoluer, ils deviennent le siège d'altérations dégénératives.

L'embryon hydropique et monstrueux a donc subi deux modifications distinctes : l'une porte sur un ou plusieurs groupes d'éléments, elle modifie la succession de leurs phases histologiques ; l'autre affecte les formations vasculaires, elle détermine leur altération. Le même agent externe a porté son action sur deux tissus différents, tératogène pour les uns, il est pathogène pour les autres. Est-il besoin de faire observer que l'action secondaire sera très analogue dans un grand nombre de cas, qu'elle se manifestera concurremment avec les types tératologiques les plus variés. L'organisme tout entier reçoit le contre-coup de l'action pathogène : il est modifié, il n'est point adapté.

## IV. Action simultanée de deux agents.

Du fait que le même facteur, dans des conditions données, peut être à la fois pathogène et tératogène, il ne s'en suit pas que toutes les atteintes morbides qui frappent les monstres aient cette unique origine. Sans doute, la double action des agents externes doit être incriminée dans la majorité des cas ; il n'en est pas moins vrai qu'un organisme peut être soumis simultanément à deux agents différents, l'un intervenant comme pathogène, l'autre comme tératogène.

A vrai dire, nous n'avons aucune indication précise, aucun fait expérimental ou spontané, qui nous permette d'établir, avec une

apparence de certitude, quel peut être le résultat de ces actions *interférentes*. Nous pouvons cependant concevoir que deux actions, l'une tératogène, l'autre pathogène, déterminent séparément, sans se gêner l'une l'autre, les processus qui leur sont adéquats ; nous pouvons encore comprendre qu'une incidence morbide surajoutée vienne détruire secondairement l'effet d'une incidence monstripare antécédente.

---

## Conclusion.

D'une façon générale, nous conclurons donc qu'il ne faut pas simplement envisager, dans la production des états congénitaux. le facteur incident en lui-même. L'organisme embryonnaire ne réagit pas nécessairement de la même manière que l'organisme adulte ; ses réactions dépendent autant de l'intensité de l'agent que de sa nature propre. Il faut distinguer nettement deux sortes d'états congénitaux franchement opposés. Ces deux états peuvent être le fait d'un même agent ou d'agents différents, capables ou non de déterminer *chez l'adulte* une altération pathologique : d'une part des *anormaux*, de l'autre, des *malades*. Une troisième catégorie renferme des *anormaux-malades*, chez lesquels anomalie et maladie sont deux états concomitants et non point un état spécial résultant, sous une forme ou une autre, d'une action pathogène. Ce sont ces *anormaux malades* qui ont attiré l'attention et entraîné les observateurs à confondre inextricablement les états tératologiques avec les états morbides. La dissociation s'impose ; elle ressort de l'examen même des faits d'observation.

Sorti des presses en septembre 1902.

---

# SUR LA DISPOSITION, LA STRUCTURE ET LE FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR MÂLE DES COLLEMBOLES.

par A. LÉCAILLON.

L'étude de l'appareil reproducteur mâle des Collemboles conduit à des résultats importants à divers points de vue. Tout d'abord elle permet de reconnaître que cet appareil est toujours plus simple que chez les autres Insectes. Ensuite, elle montre qu'à l'intérieur même du petit groupe en question la structure histologique du testicule n'est pas uniforme, mais présente, suivant les espèces, des degrés divers de complexité. Enfin, cette étude permet de mieux comprendre la structure plus élevée du testicule des Hexapodes supérieurs.

## I. Disposition générale de l'Appareil reproducteur male.

Dans toutes les espèces, non seulement les ébauches testiculaires, mais encore l'appareil mâle entièrement développé demeurent toujours placés dans la partie ventrale de la cavité générale, sous le tube digestif. Cette disposition ventrale permanente correspond au maintien d'un caractère primitif, puisque l'embryon de tous les Insectes possède, à un moment donné du développement, des ébauches sexuelles situées ventralement.

Dans aucune espèce il ne semble y avoir d'organes d'accouplement bien différenciés. Le conduit évacuateur impair, auquel se rendent les deux canaux déférents, se renfle simplement en une vésicule éjaculatrice d'où part un court conduit éjaculateur.

Les testicules n'ont pas une forme ramassée comme cela arrive au contraire chez presque tous les autres Insectes. Dans le cas le plus simple (*Anurophorus laricis*, *Anurida maritima*) chacun d'eux est un simple tube très allongé et effilé à son extrémité antérieure (Lécaillon, 1902 et 1902 bis). Dans d'autres cas, le tube, au lieu d'être simple, présente, le long de son bord interne, des lobes assez réguliers et dirigés d'arrière en avant. Cette disposition a été décrite par Willem (1900) chez *Podura aquatica* ; je l'ai constatée depuis également dans cette même espèce. Ailleurs, chaque testicule est

constitué par deux lobes tubuleux, plus ou moins bosselés à l'époque du complet développement, et communiquant largement entre eux par une anastomose transversale. C'est le cas des Entomobryidées, ainsi que Tullberg (1872) le premier l'a signalé. Enfin, chez les Smynthuridées, le tube testiculaire est replié deux fois sur lui-même. Dans tous ces cas, il est manifeste que la disposition du testicule reste fondamentalement très simple.

En général, il n'y a aucune glande annexe, visible extérieurement. Il y a cependant une exception s'appliquant au genre *Papirius* dans lequel on trouve une grosse glande, de forme toute particulière, dont le produit se dirige dans la région postérieure du tube testiculaire. Elle a été vue d'abord par Lubbock (1873) et bien décrite par Willem (1900). J'ai observé cette glande dans *Papirius minutus*, où elle est très développée.

## II. Structure des tubes testiculaires.

Il n'existe jamais, autour de la paroi testiculaire proprement dite, de formation comparable à la *tunique dite péritonéale* qui entoure le testicule d'un très grand nombre d'Insectes supérieurs. Chez ces derniers, la tunique péritonéale semble se former secondairement, pendant que le testicule grandit. Les éléments constituant les ébauches testiculaires proprement dites n'y prennent sans doute aucune part, mais seulement le mésoderme entourant ces ébauches sexuelles. En outre, de nombreuses trachées — par conséquent des éléments ectodermiques — viennent se ramifier dans cette membrane supplémentaire. Il est donc permis de considérer la membrane péritonéale du testicule (et de l'ovaire où elle existe souvent aussi) comme une formation secondaire, pouvant d'ailleurs jouer, au point de vue physiologique, un rôle important, et qui serait apparue tardivement, chez beaucoup d'Hexapodes élevés.

Au point de vue de l'absence de tunique péritonéale autour du testicule (et de l'ovaire) les Collemboles ont donc conservé un caractère d'infériorité qu'ils peuvent du reste partager, et partagent effectivement, avec d'autres Insectes.

L'importance de la structure histologique du testicule des Collemboles est liée non à l'évolution même des cellules gonadiales qui peut être suivie beaucoup plus avantageusement dans des Insectes où ces cellules sont plus grosses, mais à la manière dont se comportent la *zone germinative* ou amas de spermatogonies primitives et la paroi testiculaire elle-même. Partout celle-ci envoie

des prolongements à l'intérieur du tube testiculaire et partout il persiste une zone germinative pendant toute la vie. Mais on peut distinguer trois cas à ce sujet :

*Premier cas.* — La zone germinative persiste dans la région moyenne du testicule et les prolongements intratesticulaires ne s'anastomosent que *peu ou pas* à l'intérieur de celui-ci.

Ce cas est très net dans *Anurophorus laricis* ; je renverrai donc le lecteur à la description que j'en ai donnée récemment (Lécaillon, 1902).

Il se rencontre aussi dans toute la famille des Entomobryidées. Mais ici, la zone germinative s'étale souvent, le long du testicule, plus que dans *Anurophorus laricis*. Elle n'en occupe cependant pas toute la longueur et est surtout développée dans la partie moyenne (du côté dorso-latéral externe, au niveau surtout de l'anastomose qui réunit les deux lobes tubuliformes de chaque testicule).

Ce cas est aussi celui de *Podura aquatica*. Toutefois, selon Willem (1900) la zone germinative s'étendrait ici *tout le long du tube testiculaire*. Je n'ai pu, faute de matériaux suffisants, vérifier ce fait ; s'il était confirmé, on pourrait considérer *Podura aquatica* comme représentant le terme ultime de la tendance indiquée chez les Entomobryidées.

*Deuxième cas.* — La zone germinative demeure dans la région moyenne du testicule, mais les prolongements intratesticulaires s'anastomosent dans le testicule pour former des ampoules testiculaires.

Ce cas est très net dans *Anurida maritima* ; je renverrai également le lecteur à la publication que j'en ai faite (Lécaillon, 1902 bis).

*Troisième cas.* — La zone germinative passe à l'extrémité antérieure du tube testiculaire et les prolongements intratesticulaires s'anastomosent pour constituer des ampoules testiculaires.

Il se présente dans la famille des Smynthuridées, laquelle se rapproche par là beaucoup plus des Insectes supérieurs que les autres Collemboles.

Dans *Papirius minutus*, par exemple, l'extrémité antérieure du tube testiculaire est, sur une grande longueur, complètement remplie par les spermatogonies. Pendant toute la durée de l'époque de la reproduction, cette zone germinative se montre extrêmement développée. A partir de cette région on rencontre toujours, en examinant le reste du tube, tous les stades d'évolution des cellules spermatiques, les stades les plus avancés se trouvant dans la

région la plus postérieure. Tout le tube, à l'exception de la partie occupée par la zone germinative, est cloisonné en alvéoles dont les parois sont constituées par des prolongements partant de l'enveloppe testiculaire. Ces cloisons sont surtout plus épaisses dans la région du tube où sont les spermatides en voie de transformation. Elles disparaissent dans la région postérieure, à mesure que les spermatozoïdes sont presque constitués, et on trouve alors un liquide granuleux mélangé à ces derniers éléments,

La glande accessoire s'ouvre dans la région terminale et très élargie du tube testiculaire. Son rôle semble être de fournir un liquide destiné soit à englober les spermatozoïdes, soit à pourvoir à leur nutrition, soit à remplir ces deux fonctions à la fois.

### III. Fonctionnement de l'appareil reproducteur male.

Les faits relatifs à la reproduction des Collemboles sont si mal connus qu'il est important de noter les indications qui peuvent être fournies à ce sujet par l'examen des organes reproducteurs.

En ce qui concerne l'appareil mâle,l'examen histologique montre qu'il y a toujours, dans le testicule, une réserve très développée de spermatogonies ; c'est la zone germinative. Dans les espèces appartenant au premier cas décrit plus haut, toutes les cellules spermatiques situées à un moment donné en dehors de cette zone, se transforment simultanément et avec la même vitesse en spermatozoïdes. Quand la transformation est achevée, il y a vraisemblablement accouplement du mâle considéré. Puis, une nouvelle série de spermatogonies se séparent de la zone germinative, se répandent dans le tube testiculaire et commencent à subir les transformations en spermatozoïdes. Il y aura donc ultérieurement un nouvel accouplement, et ainsi de suite pendant toute la saison de la reproduction.

Dans les espèces rentrant dans le deuxième cas, il en est à peu près de même ; seulement la synchronie des transformations des cellules spermatiques placées en dehors de la zone germinative n'est pas aussi marquée, car si dans une ampoule testiculaire toutes les cellules se transforment bien simultanément, il n'en est pas toujours de même pour les cellules de deux ampoules voisines.

Enfin, dans les formes rentrant dans le troisième cas, le fonctionnement de la zone germinative est continu et non plus ou moins intermittent. De nouveaux spermatozoïdes arrivent continuellement au stade de formation complète et de nouvelles cellules

commencent continuellement à subir la transformation. Mais, dans ce cas comme dans les deux précédents, il y a encore un certain nombre d'accouplements plus ou moins espacés, chaque accouplement ne pouvant se produire que quand il y a une certaine quantité de spermatozoïdes arrivés à maturité.

Je ferai remarquer, en terminant, que les conclusions qu'on est conduit à tirer de l'examen histologique du testicule, relativement au fonctionnement de cet organe, concordent d'une manière remarquable avec celles que l'examen de l'ovaire fournit sur son propre fonctionnement.

---

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

LÉCAILLON, A. (1902). — Sur l'appareil reproducteur mâle d'*Anurophorus laricis* Nic. (Bull. soc. Philom. 1901-1902).

LÉCAILLON, A. (1902 bis). — Sur le testicule d'*Anurida maritima* Laboulb. (Bull. de la soc. entom. de France 1902).

LUBBOCK, J. (1873). — Monograph of the Collembola and Thysanura (R. Society, London).

TULLBERG (1872). — Sveriges Podurider (Kongl. svenska vetenskops-akademiens Handlingar, Bd. X.).

WILLEM, V. (1900). — Recherches sur les Collemboles et les Thysanoures. Mémoires publiés par l'Ac. des sc. l. et beaux-arts de Belgique. t. LVIII, 1900.

Sorti des presses en septembre 1902.

---

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES FÉLIDÉS FOSSILES DONT ON A DÉCOUVERT LES RESTES DANS LES CAVERNES DES PYRÉNÉES (1)

par M. **H. FILHOL.**

Les débris de Félidés fossiles sont rares dans les dépôts remplissant les grottes des Pyrénées, et nos connaissances à leur sujet sont très limitées actuellement, à part celles relatives au grand Chat des cavernes, ou *Felis leo* var. *spelæus*. Les cavernes des autres régions de la France et celles des pays avoisinants ne sont pas plus riches en ossements de ces animaux, et il en résulte qu'il est fort difficile d'apprécier les caractères des espèces signalées et de tracer les limites de leurs variations. D'autre part, presque toujours les échantillons trouvés se sont présentés dans un très mauvais état de préservation, ce qui a largement contribué à rendre les comparaisons délicates et difficiles. Ces observations générales sont surtout applicables au groupe des Panthères, dont la présence a été bien souvent signalée dans les alluvions quaternaires de nos grottes, alors que nous sommes réellement très peu fixés sur les relations de ces Félidés avec ceux trouvés dans des dépôts antérieurs, en même temps qu'avec ceux qui vivent de nos jours. Aussi je saisis l'occasion, qui se présente à moi, d'accroître un peu le champ de nos connaissances en décrivant quelques échantillons trouvés dans les cavernes des Pyrénées, et dont l'un, très remarquable par son magnifique état de conservation, peut permettre de bien saisir les caractères distinctifs de certains *Leopardus pardus* de nos cavernes, et devenir ainsi l'origine d'une série d'observations précises et bien complètes auxquelles on pourra se référer dans l'avenir.

Je parlerai tout d'abord de deux pièces, qui font partie des collections du Musée de Toulouse, et qui proviennent de la caverne de Lherm (Ariège). Je n'ai pas besoin de rappeler, que la caverne de Lherm, est une des plus riches en ossements fossiles parmi celles qui ont été découvertes dans les Pyrénées.

Les débris de squelette d'*Ursus spelæus* y sont extrêmement abondants, et cela à un point tel que personnellement j'en ai vu extraire

(1) Cette note posthume devait être accompagnée de figures ; celles-ci n'ont pu être retrouvées après la mort de l'Auteur.

plus de cent têtes entières. La faune qui accompagne l'*Ursus spelæus* est très pauvre ; ainsi s'il a été sorti de la grotte des restes se rapportant à plus de cinq cents animaux de cette espèce, et le nombre que j'inscris est certainement inférieur au réel, on n'a pas trouvé l'indication de plus de huit à dix Lions fossiles, celle de plus de cinq ou six *Hyæna spelæa*, et c'est à des intervalles très éloignés qu'on a découvert quelques os de Canidés.

Les Ruminants y sont très rares et je n'y ai vu le Renne être représenté que par une seule portion de maxillaire inférieur. Relativement aux Félidés de tailles moyenne et petite, nos connaissances sont limitées à une portion de mâchoire supérieure, une portion de maxillaire inférieur, et à quelques ossements des membres.

Le fragment de mâchoire inférieure comprend toute la partie antérieure du maxillaire gauche, la portion correspondant à la branche montante faisant défaut. Cet échantillon, quelqu'incomplet qu'il soit, n'en donne pas moins lieu à des observations intéressantes. Je dois tout d'abord faire remarquer, qu'une crête située au niveau de la partie antérieure d'origine de la fosse massétérine n'est pas due à de l'os, mais bien à une concrétion stalagmitique, adhérant fortement à la partie externe du maxillaire.

Cette portion de mandibule frappe, à première vue, par ses fortes proportions, par la direction presque rectiligne de sa base, en même temps que par le développement de toute la partie située en avant de la première prémolaire.

Les incisives, dont les alvéoles seules ont subsisté, occupaient un espace de 0,009.

La canine était forte, son alvéole, à grand diamètre dirigé très obliquement de dedans en dehors et d'arrière en avant, mesurait 0,017 de diamètre antéro-postérieur et 0,011 de diamètre transverse. La couronne, arrondie à son sommet par l'usure, mesure encore en dehors 0,023 de hauteur, jusqu'au collet, qui est très effacé. Ses diamètres antéro-postérieur et transverse sont de 0,015 et de 0,013.

En arrière de la canine s'étend une barre ayant 0,019 de longueur mesurée en ligne droite. Je dis en ligne droite parce que toute la partie du bord supérieur du maxillaire, correspondant à la barre est fortement creusée.

La série dentaire, qui vient ensuite, a 0,056 d'étendue. La première prémolaire se compose d'une couronne longue, assez abaissée, supportée par deux racines. Elle est implantée un peu obliquement d'avant en arrière et de dehors en dedans sur le bord alvéolaire. Elle se compose de trois pointes. Les pointes antérieure

et postérieure sont abaissées, la dernière étant plus forte que la première. La pointe médiane, qui correspond à l'intervalle des deux racines, était plus élevée que ces dernières, et elle offre un sommet mousse, arrondi sur notre échantillon.

Le deuxième prémolaire, également remarquable par son allongement, était trilobée. Le lobe antérieur était bas ; le lobe moyen, triangulaire, était, au contraire, remarquablement élevé et tranchant sur ses bords. Le troisième lobe, abaissé, à contour arrondi, surmontait une sorte de talon étagé dont il occupait la moitié externe. Un fort repli d'émail, constituant une sorte de bourrelet retroussé, le limitait en arrière. La couronne est rétrécie, étranglée en quelque sorte en arrière de la première racine.

La carnassière est bilobée ; chacune de ses parties constitutives a sensiblement la même longueur (0,009). Les lobes sont séparés l'un de l'autre par un sillon profond. Si on examine la dent par sa face interne, on remarque à la portion moyenne de la couronne une dépression profonde. Le bord postérieur était garni d'une crête peu détachée sur toute son étendue.

Les mesures relatives à ces dents sont les suivantes :

| | 1re Prém. | | 2e Prém. | | 3e Prém. |
|---|---|---|---|---|---|
| Longueur | 0,013 | — | 0,0210 | — | 0,0213 |
| Hauteur | 0,004 | — | 0,0120 | — | 0,0120 (2e lobe) |
| Épaisseur | 0,006 | — | 0,0095 | — | 0,0090 |

Les hauteurs du corps du maxillaire sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Hauteur au niveau du bord postérieur de l'alvéole de la canine | 0,036 |
| Id. en avant de la première prémolaire | 0,032 |
| Id. en arrière de la carnassière | 0,035 |

Les mesures relatives à l'épaisseur sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Épaisseur au niveau de la partie moyenne de la canine | 0,016 |
| Id. de la première prémolaire | 0,014 |
| Id. de la deuxième prémolaire | 0,017 |
| Id. de la portion moyenne de la carnassière | 0,016 |

La symphyse mesure 0,051 de hauteur et 0,024 de largeur maximum.

On doit noter sur la face externe du maxillaire trois orifices : deux, superposés l'un à l'autre et séparés par un intervalle de 0,002, correspondent à la partie moyenne de la barre, dont ils sont séparés par un intervalle de 0,012 et de 0,016. Le troisième orifice est placé au-dessous de la racine antérieure de la première prémolaire et il est distant de 0,012 du bord alvéolaire.

Par la forme et les proportions, le maxillaire du Félidé de Lherm

ne saurait être mis en parallèle qu'avec celui découvert par M. Bourguignat dans la caverne de Vence et décrit par ce savant naturaliste sous le nom de *Leopardus Filholianus* (1).

Sur ce Félidé, la série formée par les prémolaires et la carnassière s'étend sur un espace de 0,054 au lieu de 0,056 comme sur notre échantillon. L'intervalle compris entre le bord postérieur de l'alvéole de la carnassière et la première prémolaire est de 0,016 au lieu de 0,018. La hauteur du corps de l'os en avant de la première prémolaire est de 0,032 sur le Félin de Lherm et de 0,033 sur celui de Vence; elle est chez le premier de 0,035 en arrière de la carnassière, et de 0,036 chez le second. Par conséquent, au point de vue des proportions, il y a presque identité absolue entre les deux maxillaires que nous comparons l'un à l'autre.

L'examen de la forme des dents ne révèle que quelques particularités distinctives peu importantes. Ainsi, sur le *Leopardus Filholianus* le lobe antérieur de la seconde prémolaire est rejeté en avant dans sa partie supérieure et le bourrelet qui limite en arrière le troisième lobe est moins fort. Quant aux carnassières, elles sont identiques. La première prémolaire manque sur l'échantillon trouvé dans la caverne de Vence.

La comparaison de ses figures ne décèle que deux petites particularités distinctives : la largeur un peu moins grande de la carnassière par rapport à la largeur de la deuxième prémolaire, et la plus grande longueur de la carnassière par rapport à la longueur de la deuxième prémolaire sur le *Leopardus Filholianus*. Mais ce ne sont là que de simples avances qu'on pourra d'autre part apprécier par les mensurations inscrites dans le tableau suivant :

| | 1re Prém. | | 2e Prém. | | Carn | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Léop. de Lherm. | Léop de Vence. | Léop. de Lherm. | Léop. de Vence. | Léop. de Lerm. | Léop. de Vence. |
| Longueur.. | 0,013 | ..... | 0,0210 | 0,019 | 0,0213 | 0,0205 |
| Épaisseur... | 0,006 | .... | 0,0095 | 0,010 | 0,009 | 0,0090 |

Il me paraît résulter de ces comparaisons multiples qu'il est impossible de distinguer spécifiquement l'un de l'autre les deux maxillaires que nous étudions, tant au point de vue de leurs proportions qu'à celui de la forme et des divers diamètres des dents qu'ils supportent, et je pense que c'est au *Leopardus Filholianus*

(1) Bourguignat. — Notice sur les diverses espèces de Mollusques et de Mammifères découvertes dans une caverne près de Vence, 1868. — Id. Histoire des Félidés fossiles constatés en France dans les dépôts de la période quaternaire, 1879.

qu'il faut rapporter la portion de maxillaire trouvée dans la caverne de Lherm. Cette espèce se serait donc étendue, durant l'époque de remplissage des cavernes, des Alpes Maritimes aux Pyrénées.

Je crois qu'il faut rapporter à la même espèce une portion de maxillaire supérieur trouvé également dans la caverne de Lherm et dans le voisinage du premier échantillon dont nous avons parlé. Ce débris comprend l'intermaxillaire droit et le maxillaire supérieur droit. Les seconde et troisième incisives, la canine et les molaires, moins la tuberculeuse, sont en parfait état de conservation.

Les incisives occupaient un espace de 0,014. Un intervalle de 0,008 séparait la dernière de ces dents de la partie antérieure de la canine, qui était très forte. Cette dernière dent mesurait, suivant sa face externe, 0,039 de hauteur. Sa longueur et son épaisseur au collet étaient de 0,019 et de 0,015.

L'espace compris entre le bord postérieur de l'alvéole de la canine et le bord postérieur de l'alvéole de la tuberculeuse était de 0,062. La barre comprise entre la canine et la première prémolaire avait 0,008 d'étendue, ce qui fait que l'espace correspondant aux molaires était de 0,054.

La première prémolaire était petite et ne comprenait qu'une seule racine. Sa couronne, très usée, était arrondie. Un intervalle de 0,002 séparait cette dent de la seconde prémolaire, qui était remarquable par son allongement antéro-postérieur. Elle comprenait une pointe principale à bord antérieur tranchant et à bord postérieur légèrement arrondi. A la base du bord antérieur, il existait un tubercule. La portion postérieure de la couronne comprenait un second lobe abaissé surmontant une sorte de talon.

La carnassière peut être considérée comme composée de trois lobes externes et d'une pointe interne. Le lobe antérieur était moins développé que les deux suivants. Le second lobe était le plus élevé et sa forme était triangulaire. Sur notre échantillon le bord postérieur est un peu altéré par l'usure. Le troisième lobe était allongé et se projetait en arrière et en bas en forme d'éperon. La pointe interne correspondait à la partie moyenne du premier lobe.

La tuberculeuse était implantée dans deux alvéoles séparés par une cloison assez épaisse.

Les mensurations relatives aux prémolaires et aux molaires sont les suivantes :

| | 1re Prém. | 2e Prém. | Carn. | Tub. |
|---|---|---|---|---|
| Longueur | 0,005 | 0,021 | 0,027 | ..... |
| Hauteur | 0,004 | 0,012 | 0,012 | ..... |
| Épaisseur | 0,004 | 0,008 | 0,015 | 0,009 (alvéoles). |

La largeur de la voûte palatine entre les canines atteignait 0,078 en arrière de la carnassière.

Le trou sous-orbitaire correspondait à la portion postérieure de la seconde prémolaire et il était distant de 0,025 du bord alvéolaire.

La portion de face, dont je viens d'exposer les caractères, ne saurait être comparée qu'avec celle qui lui correspond chez un *Leopardus* découvert par M. Bourguignat dans la caverne de Vence. La tête presque complète, qu'a obtenue ce savant naturaliste, a tout d'abord été étudiée d'une manière générale par E. Lartet, puis plus tard M. Bourguignat en entreprit la description détaillée dans le remarquable travail qu'il consacrait à l'Histoire des Felidæ fossiles de France où il l'a décrit sous la dénomination de *Leopardus Larteti.*

Les mensurations suivantes permettront d'apprécier les points de similitude extrêmes existant entre ces deux Félins :

| | *Leop.* de Lherm. | | *Leop. Larteti.* |
|---|---|---|---|
| Espace occupé par les incisives . . . . . | 0,014 | — | 0,0150 |
| Espace compris entre la troisième incisive et la canine . . . . . | 0,008 | — | 0,0075 |
| Diamètre transverse de la canine . . . . . | 0,015 | — | 0,0140 |
| Hauteur de la canine à partir du bord alvéolaire. | 0,039 | — | 0,0380 |
| Étendue de la barre. . . . . | 0,008 | — | 0,0050 |
| Espace occupé par les molaires . . . . . | 0,054 | — | 0,0053 |
| Largeur de la voûte palatine en arrière de la carnassière . . . . . | 0,078 | — | 0,080 |

On remarquera qu'il y a une identité presque absolue entre ces diverses mesures, et que la seule différence un peu accusée qui se dévoile consiste dans un peu moins d'allongement (trois millimètres) de la barre, sur le *Felis* de la caverne de Lherm.

Les mesures relatives aux dents viennent accroître encore les points de ressemblance.

| | *Leopardus* de Lherm. | | | | *Leopardus Larteti.* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1re Prém. | 2me Prém. | Carn. | Tuberc. | 1re Prém. | 2me Prém. | Carn. | Tuberc. |
| Longueur.... | 0,005 | 0,021 | 0,027 | ..... | 0,005 | 0,018 | 0,0255 | ..... |
| Hauteur .. .. | 0,004 | 0,012 | 0,012 | ..... | ..... | 0,012 | 0,0130 | ..... |
| Épaisseur.... | 0,004 | 0,008 | 0,015 | 0,009 | 0,004 | 0,009 | 0,0150 | 0,009 |

L'étude comparative des diverses dents révèle quelques différences de détail auxquelles il me semble impossible d'accorder une valeur spécifique, et je croirais plutôt qu'on doit les considérer comme indiquant des variations.

Ainsi la première prémolaire du *Leopardus* de Lherm qui est plus longue que celle du *Leopardus Larteti*, doit cette particularité à ce fait que son tubercule antérieur est plus fort et plus développé, et à ce que la partie terminale de la couronne, située en arrière du tubercule postérieur, est aussi plus développée. Quant à la carnassière, son lobe postérieur est plus détaché, chez le *Leopardus* de Lherm, qu'il ne l'est sur celui de Vence, et en même temps le lobe moyen étant un peu plus réduit, son développement antéro-postérieur est un peu plus grand.

Si on examine le maxillaire supérieur et l'inter-maxillaire par leur face externe on remarque que sur le *Felis* de Lherm toute la partie correspondant aux incisives est plus saillante qu'elle ne l'est sur le *Leopardus Larteti* et d'autre part on observe que le trou sous-orbitaire n'a pas les mêmes rapports chez les deux carnassiers. Le bord postérieur de cet orifice correspond sur notre *Felis* à la partie terminale ou troisième lobe de la troisième prémolaire, tandis que sur le *Leopardus* de Vence il se trouve être placé au-dessus de la partie antérieure de la carnassière.

La face est également un peu plus haute sur le carnassier de la caverne de Lherm ainsi qu'en témoignent les mensurations suivantes :

| | *Leop.* de Lherm. | | *Leop. Larteti.* |
|---|---|---|---|
| Hauteur du trou sous-orbitaire au-dessus du bord alvéolaire . . . . . | 0,025 | — | 0,022 |
| Hauteur du bord inférieur de l'orbite, au niveau du sommet du trou sous-orbitaire, au-dessus du bord alvéolaire . . . . . | 0,043 | — | 0,038 |

Si on recherche le rapport existant entre la longeur de la partie de la face comprise entre l'espace inter-incisif et la partie postérieure du bord alvéolaire postérieur, et la hauteur du bord inférieur de l'orbite au-dessus du bord alvéolaire, on trouve les nombres suivants, qui accusent une certaine différence dans la hauteur.

| | *Leop.* de Lherm. | | *Leop. Larteti.* |
|---|---|---|---|
| Étendue de l'espace compris entre l'espace inter-incisif et le bord postérieur de la canine. | 0,098 | — | 0,094 |
| Hauteur de l'orbite au-dessus du bord alvéolaire . . . . . | 0,043 | — | 0,038 |
| Rapport entre ces deux mensurations (le nombre correspondant à la dernière d'entre elles servant de diviseur) . . . . . | 2,27 | — | 2,47 |

Faut-il voir dans l'ensemble des quelques particularités distinctives, que nous venons de signaler minutieusement, l'indication d'une différence spécifique entre le *Felis* de Lherm et celui de

Vence? Je ne le crois pas, parce que sa valeur n'est pas supérieure à celle que nous observons lorsqu'il s'agit des variations dont sont susceptibles les Panthères vivant de nos jours et que nous savons sûrement ne constituer qu'une seule espèce.

Par conséquent il résulte de ces observations que le maxillaire supérieur trouvé à Lherm doit être rapporté au *Felis* décrit par M. Bourguignat sous le nom de *Leopardus Larteti*, et d'autre part que dans les Pyrénées on retrouve les *Leopardus Larteti* et *Filholianus* signalés seulement jusqu'à ce jour dans les Alpes-Maritimes.

Cette coïncidence, relative à la présence de deux mêmes espèces dans deux cavernes, alors que l'une est représentée par deux maxillaires inférieurs et l'autre par deux maxillaires supérieurs, m'a fait me demander si nous ne commettrions pas une confusion. En ce qui concerne les pièces trouvées à Lherm je rappellerai ce que je disais au commencement de ce travail, c'est qu'elles ont été découvertes très rapprochées l'une de l'autre et que tout indiquait qu'elles provenaient d'un même individu. D'autre part il n'a jamais été recueilli de portions de maxillaires ou de tête provenant d'autres sujets, et ce fait fort remarquable en ce qui concerne les Félins de Lherm se constate de nouveau lorsqu'on se rapporte à l'origine de ceux de la caverne de Vence.

J'ai dû, dès lors, rechercher si le maxillaire inférieur de Lherm ne s'adaptait pas au maxillaire supérieur de la même caverne : le rapprochement s'effectue de la manière la plus parfaite. J'ai essayé alors d'adapter le maxillaire inférieur de *Leopardus Filholianus* au crâne du *Leopardus Larteti* : ce rapprochement peut être fait avec une facilité surprenante. Le condyle du maxillaire placé dans la cavité glénoïde, les molaires viennent prendre, par rapport les unes aux autres, leur place normale. Aussi je crois que dans l'état actuel de nos connaissances, nous devrions confondre sous un nom unique : *Leopardus Larteti*, les deux espèces que M. Bourguignat a cru devoir distinguer parmi les animaux fossiles qu'il a retirés de la caverne de Vence.

Si l'on compare le *Leopardus Larteti* aux autres Félins découverts dans les cavernes, on ne peut le rapprocher que de celui décrit par Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean. Ce dernier provient de la caverne de Lunel-Viel, et il se distingue nettement par la forme de ses prémolaires, par l'étendue bien moindre de la série dentaire, par la forme du bord inférieur du corps du maxillaire qui est convexe au lieu d'être horizontale, et par les propor-

tions relatives fort différentes de la première et de la deuxième molaires inférieures.

Il m'a paru intéressant de rechercher d'autre part s'il n'existait pas quelques affinités entre les Léopards des cavernes à ossements et les Félins trouvés au sein des dépôts Pliocènes du Puy-de-Dôme, à Perrier, et décrits par Croizet et Jobert. Le *Leopardus Arvernensis* ne saurait être mis en parallèle avec le *Leopardus Larteti*, tellement il en diffère par l'ensemble de tous ses caractères. Le *Leopardus pardinensis* s'en rapprocherait davantage par la forme et le volume relatif des prémolaires inférieures, mais la taille était moindre, la barre beaucoup plus courte, et la hauteur du corps de l'os très inférieure. Aussi, malgré qu'on trouve dans le *Felis pardinensis* des caractères qui sont ceux des Panthères et qui indiquent bien que ces animaux ont eu avec lui de grands rapports d'origine, ne peut-on arriver à les rapprocher. On sent très bien que le *Felis pardinensis* du Pliocène a dû donner naissance à nos Panthères ou qu'il a été un rameau issu d'une branche commune, mais ce n'est pas cette forme que nous venons de décrire sous le nom de *Leopardus Larteti* qui a constitué le terme de passage.

## Panthères fossiles de la Caverne de Malarnaud

En 1889, M. F. Regnault, auquel les sciences paléontologiques sont redevables de si importantes recherches dans les cavernes des Pyrénées, explora la caverne de Malarnaud près de Montseron (Ariège). Pendant plusieurs mois consécutifs, il y exécuta, avec l'aide de M. Bourret, des fouilles importantes qui permirent de mettre à découvert une quantité énorme d'ossements d'animaux et quelques débris humains.

La grotte de Malarnaud s'ouvre sur le versant sud de la petite vallée, profondément encaissée, au fond de laquelle coule l'Ariège. Son altitude au-dessus du lit de la rivière est de trente-cinq mètres environ et son abord est assez difficile. J'ai eu l'occasion de la visiter plusieurs fois, et M. Boule, de son côté, au cours d'un voyage d'exploration, l'a parcourue et a donné à son sujet quelques renseignements géologiques dans le Bulletin de la Société Philomathique de Paris. « La caverne, nous dit-il, est creusée dans un calcaire coralligène appartenant au Crétacé inférieur. Les couches de ce calcaire sont fortement relevées, presque verticales. L'ouverture est placée sur le trajet d'une grande fissure correspondant à un plan primitif de stratification, mais agrandie par l'effet des agents

atmosphériques. Sa forme est celle d'une boutonnière ou plutôt d'une ogive allongée. »

A l'entrée fait suite un large couloir qui ne tarde pas, en se bifurquant, à donner naissance à deux galeries, l'une droite et l'autre gauche. La galerie de droite, très courte, se termine à un éboulis; la galerie de gauche s'enfonce dans l'intérieur de la montagne et après l'avoir parcourue sur une étendue de soixante mètres environ, on arrive en face d'une déchirure, d'une sorte d'abîme, dont la paroi presque verticale nécessite l'emploi d'échelles pour en gagner la profondeur. Après une descente, peu commode, on atteint le sol qui se trouve situé à dix ou douze mètres.

En ce point on se trouve en présence de deux galeries, l'une qui s'enfonce à droite dans une direction parallèle à celle que l'on vient de suivre, l'autre qui se porte à gauche.

C'est dans le couloir s'ouvrant à droite que M. Bourret, puis M. H. Regnault, ont fait leurs fouilles.

« Ce couloir, a dit M. Boule, se termine en un cul-de-sac où aboutit un autre couloir, obstrué par des blocs éboulés. La coupe suivante est pratiquée suivant le cul-de-sac (A) et le couloir latéral (B). Elle représente l'état des terrains au moment de ma visite.

« Le sol primitif, encore intact sur la partie de droite de ma coupe, est formé par une terre argileuse avec blocs de toutes grosseurs éboulés et transportés par les eaux fluviales. Le trajet de ces eaux sauvages est encore indiqué par le couloir B, qu'obstrue actuellement un monceau de cailloux anguleux. Ce couloir s'ouvrait naguère à l'extérieur non loin de l'entrée principale. Cette existence d'anciennes ouvertures de cavernes, aujourd'hui comblées par des éboulis plus ou moins récents, est un fait des plus fréquents et, à mon avis, on n'en a pas tenu suffisamment compte dans l'étude du remplissage des cavités souterraines. C'est en effet par ce couloir que sont arrivés les dépôts *g*, *b*. Ces dépôts sont constitués par une terre argileuse avec lits graveleux *g*, aux éléments plutôt émoussés que roulés. Il est facile de se rendre compte que ces petits lits ne sont pas horizontaux mais disposés en pente douce et qu'ils remontent vers la partie profonde du couloir obstrué. C'est donc un dépôt de ruissellements, une sorte de petit cône de déjection édifié aux dépens des érosions extérieures et superficielles de la montagne. C'est à la partie supérieure de cette formation qu'ont été recueillies de belles pièces d'Aurochs, de Renne, de Bouquetin, etc.

« Une couche stalagmique ininterrompue *st*, sépare ces dépôts

supérieurs de l'argile à blocaux *a*, qui est identique à l'argile à blocaux et ossements d'ours de toutes les cavernes des Pyrénées. »

Si on se rapporte à la coupe donnée par M. Boule, et aux commentaires que je viens de reproduire, l'accompagnant, on voit qu'il existe dans la caverne de Malarnaud deux assises fossilifères : l'une inférieure (*a* de la coupe) formée par un limon rouge, et une autre (*b*) constituée par une terre argileuse avec lit graveleux. Dans la première on a découvert une quantité énorme d'ossements d'*Ursus spelæus*, d'assez nombreux restes de *Felis spelæa*, de *Hyæna spelæa*, de *Canis lupus*, de *Canis vulpes* et une demi-mâchoire de Panthère. Lorsque j'ai visité la caverne de Malarnaud je n'ai observé aucun débris de ruminants provenant de cette couche.

La couche supérieure renfermait les débris innombrables d'une faune différente de celle qui était enfouie au-dessous d'elle, sous le plancher stalagmitique (*st*). Cette faune se retrouvait d'autre part dans l'éboulis (*e*) qui surmontait le lit graveleux *g*. On pourrait l'appeler une faune de Ruminants, par rapport à l'autre que nous avons dit renfermer seulement des Carnassiers. Elle se composait du *Bison europeus*, du *Cervus tarandus*, du *Cervus elaphus*, du *Bouquetin*, du *Chamois*. Les Carnassiers étaient représentés par une Panthère tout-à-fait différente, comme je vais le montrer dans la suite de ce travail, de celle du dépôt inférieur, par les *Canis lupus* et *vulpes*. Par conséquent, dans la caverne de Malarnaud, comme dans celles de Lherm, du Maz d'Azil, de Bouicheta, etc., dans l'Ariège, la couche renfermant les ossements d'*Ursus spelæus* était dépourvue, ou presque dépourvue, d'ossements de Ruminants. C'est dans sa partie tout-à-fait inférieure qu'a été découverte une mâchoire humaine, qui, comme je l'ai montré, doit être rapportée sans conteste à la race de la Naulette.

Les os de Bison, de Cerf, de Renne, de Bouquetin, de Chamois, de Panthère, de la couche supérieure, sont moins fossilisés que les précédents, et cela à un point tel qu'au premier abord on pourrait supposer qu'ils sont de l'époque actuelle, tandis que ceux du dépôt inférieur ont un aspect, une consistance, une dureté, tout-à-fait différentes qui prouvent qu'ils ont subi un long travail de fossilisation. Ils renferment peu ou pas de matière organique, tandis que les premiers en sont encore tellement imprégnés qu'ils dégagent une odeur fétide de corne brûlée lorsqu'on vient à les chauffer.

J'ai tenu à donner ces explications au sujet des horizons fossilifères de la caverne de Malarnaud parce que chacun d'entre eux a fourni des restes de Panthère, le premier, la partie antérieure

d'un maxillaire inférieur droit, et le second une tête presque complète. Je m'occuperai tout d'abord du maxillaire inférieur trouvé au sein de l'argile à blocaux (*a*, de la coupe).

Le fragment de mandibule dont il s'agit, surprend à première vue par sa force et son épaisseur alors que sa hauteur est faible.

Les incisives étaient assez réduites. Leurs alvéoles croissaient en grandeur de dedans en dehors et occupent un espace de 0,009 sur le bord alvéolaire. Immédiatement en dehors et en arrière de l'incisive externe on aperçoit la canine. Cette dent est usée jusqu'à son collet. Ses diamètres transversal et antéro-postérieur, mesurés à ce niveau, sont de 0,012 et 0,014. En arrière de la canine, on note une barre, légèrement concave en haut et en arrière, mesurant 0,015 de longueur.

La série des molaires occupe un espace de 0,047. Ce nombre peut être divisé de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Espace correspondant aux prémolaires . . . . . | 0,029 |
| id. id. à la carnassière . . . . . | 0,018 |

La première prémolaire était de toutes les dents celle qui offre le moindre degré d'usure. L'altération des dents sur cet échantillon est portée à un degré tout-à-fait différent de celui qu'on observe sur nos Panthères les plus âgées, et on ne peut la comparer qu'à celle qu'on constate chez les Hyènes. Il est certain que l'animal dont provient le débris que nous étudions, avait un régime fort différent de celui qu'ont les carnassiers du même groupe vivant de nos jours. Il devait non seulement manger de la viande, mais encore broyer des os.

La première prémolaire était implantée un peu obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors. Elle comprenait trois pointes dont la médiane seule est développée.

La seconde prémolaire porte à ses parties antérieure et postérieure les traces d'une usure avancée. Cette usure s'accuse sur la face externe de la couronne par une sorte de sillon profond isolant la pointe antérieure de la pointe moyenne. La pointe postérieure est complètement altérée, ce qui fait que la partie de la dent lui correspondant a pris la forme d'un talon, limité en arrière par un fort bourrelet, dû à l'épaississement du bord postérieur de la couronne.

La carnassière est presque complètement détruite par l'usure et sa forme en est rendue méconnaissable.

Les mesures relatives à ces diverses dents sont les suivantes :

| | 1re Prém. | | 2me Prém. | | Carn. |
|---|---|---|---|---|---|
| Longueur . . . . . | 0,011 | — | 0,012 | — | 0,020 |
| Épaisseur . . . . . | 0,005 | — | 0,009 | — | 0,008 |

La formule odontométrique est celle d'une Panthère.

Le corps du maxillaire est massif. Il mesure au niveau de la portion moyenne de la barre, 0,015 d'épaisseur, et la même mensuration prise au niveau de l'intervalle compris entre la seconde prémolaire et la carnassière accuse le nombre de 0,0175. La hauteur est de 0,033 au bord postérieur de l'alvéole de la canine, de 0,028 à la partie moyenne de la barre, de 0,029 sous la seconde prémolaire et de 0,030 en arrière de la carnassière.

La hauteur et la largeur de la symphyse étaient de 0,042 et de 0,028. Si on compare cette portion de maxillaire à celles de Panthères qui ont été trouvées dans d'autres cavernes, on voit tout d'abord qu'on ne saurait confondre l'espèce dont elle provient avec celle qui a fourni les restes du *Leopardus Larteti*.

D'autre part, le *Felis antiqua* de Schmerling, décrit par M. Bourguignat sous le nom de *Leopardus pardus*, possédait un maxillaire allongé, haut, comprimé par ses faces latérales, caractères qui font tous défaut sur notre échantillon. Ainsi l'étendue de la barre était de 0,021 au lieu de 0,015, alors que celle correspondant à l'étendue des molaires est de 0,057 au lieu de 0,047. On voit, par les mensurations précédentes, que l'espace compris entre le bord postérieur de la canine et le bord postérieur de la carnassière était de 0,078 sur le maxillaire trouvé par Schmerling, et de 0,062 seulement sur le maxillaire recueilli dans la caverne de Malarnaud. Les proportions en hauteur de la mâchoire figurée par Schmerling sont également différentes.

Le maxillaire inférieur de Panthère, trouvé dans la caverne de Lunel-Vieil, décrit par Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean, aurait par ses proportions plus d'analogies avec notre Félin. L'étendue de la barre est de 0,017 au lieu de 0,015. L'espace occupé par les prémolaires et la carnassière est de 0,049 au lieu de 0,047 ; la hauteur de l'os en avant de la première prémolaire est de 0,030 au lieu de 0,028.

Les mesures concernant les dents sont sensiblement les mêmes.

| | Panthère de Malarnaud | | | | | | Panthère de Lunel-Vieil | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1re Prém. | | 2me Prém. | | Carn. | | 1re Prém. | | 2me Prém. | | Carn. | |
| Longueur . . . | 0,0110 | — | 0,012 | — | 0,020 | — | 0,013 | — | 0,018 | — | 0,020 | |
| Hauteur . . . | 0,0055 | — | 0,009 | — | ..... | — | 0,007 | — | 0,012 | — | 0,011 | |

Le mauvais état des dents de notre échantillon rend la compa-

raison de ces éléments presque impossible. Pourtant on reconnaît très nettement que la première prémolaire, tout en étant plus grande sur le maxillaire trouvé à Lunel-Vieil, se distinguait par ses tubercules antérieurs et postérieurs, qui sont moins détachés que sur la Panthère de Malarnaud. La même observation est applicable à la seconde prémolaire. Si l'on rapproche ces faits de ceux relatifs à la plus grande hauteur du corps du maxillaire sur le Félin décrit par Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean, en même temps qu'à la bien moins grande épaisseur du corps de l'os, on arrive à pouvoir nettement séparer l'un de l'autre les deux carnassiers.

Le maxillaire inférieur trouvé par P. Gervais (1) dans la caverne de Mialet (Gard) se distingue par son bien plus grand allongement, sa gracilité ; ces caractères sont ceux que nous retrouvons sur un second maxillaire provenant de Malarnaud et dont je donne plus loin la description.

La portion de mandibule découverte dans la caverne de Gaylenreuth et signalée sous le nom de *Felis antiqua* (2) ne possède pas non plus les caractères de massivité si distinctifs de notre échantillon.

Les collections du British Museum contiennent quelques débris de Panthère découverts à Gibraltar (3) et en particulier un maxillaire inférieur figuré et décrit par Busk. Cet échantillon, par ses proportions, s'écarte complètement de celui que je fais connaître. Les mensurations suivantes accusent nettement ces différences.

| | Panthère de Malarnaud | | Panthère de Gibraltar |
|---|---|---|---|
| Espace occupé par la série dentaire . . . . . | 0,047 | — | 0,055 |
| Hauteur du maxillaire au bord postérieur de l'alvéole de la canine. . . . . | 0,033 | — | 0,038 |
| Hauteur du maxillaire à la portion moyenne de la barre. | 0.028 | — | 0,034 |
| id. en arrière de la carnassière . . . . . | 0,030 | — | 0,038 |

Sur ce maxillaire, comme sur ceux de Lunel-Vieil, de Mialet, de Malarnaud, de Gaylenreuth, le corps du maxillaire est peu épais par rapport à sa longueur. Par conséquent, par ses caractères massifs, par sa grande force et sa brièveté relative, par l'importance du tubercule postérieur de la deuxième prémolaire inférieure, notre carnassier s'éloigne de tous ceux qui ont été découverts jusqu'à ce jour dans nos cavernes. Il est également différent de ceux décrits par Croizet et Gobert, et qui avaient été trouvés à Perrier.

M. Regnault a d'autre part rencontré non plus dans la couche

(1) P. Gervais. Zoologie et Paléontologie générale. T. 1.
(2) De Blainville. Ostéographie. G. *Felis*.
(3) On the ancient or quaternary fauna of Gibraltar by Geor. Busk. Trans. of the Zool. Soc. of London. T. X, p. 11. 1877.

inférieure (*a*), dont provenait le précédent débris, mais dans la couche graveleuse située au-dessus, une tête de Panthère dans un magnifique état de préservation. Le maxillaire inférieur était en place et, lorsqu'on le compare à celui dont nous venons de donner la description, on voit tout de suite qu'il provient d'un animal fort différent. Quant à la tête, on reconnaît qu'elle provenait d'un individu de taille petite. La disparition des sutures n'a pas encore eu lieu complètement, mais elle est avancée, et l'on sent que la croissance, si elle n'est pas terminée, est sur le point de cesser. Le système dentaire est développé comme chez un sujet adulte. Le maxillaire inférieur est tout d'abord remarquable par la brièveté de sa barre comparée à celle des autres Panthères fossiles, et par une moins grande étendue de l'espace compris entre le bord postérieur de la carnassière et le bord postérieur du condyle. Afin de bien mettre en lumière les particularités propres à notre Carnassier fossile, je mets en parallèle, dans le tableau suivant, les principales mensurations relatives à son maxillaire inférieur, avec celles que j'ai relevé sur les diverses Panthères trouvées à l'état fossile, ainsi que sur quelques-unes de celles vivant de nos jours (1).

| | Panthère de Malarnaud | Panthère du Chokier | Panthère de Lunel-Vieil | | Panthère de Gibraltar | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Distance comprise entre l'espace inter-incisif et la partie interne du condyle . . . . | | 0,157 | | | | |
| Distance séparant la canine de la première prémolaire. . . | 0,010 | 0,020 | 0,017 | | 0,0165 | |
| Espace occupé par les molaires. | 0,048 | 0,051 | 0,049 | | | |
| Distance comprise entre le bord postérieur de la dernière molaire et la partie externe du condyle . . . . . | | 0,067 | | | | |
| Hauteur du maxillaire en avant de la première molaire . . . | 0,027 | | 0,030 | | | |
| Hauteur du maxillaire en arrière de la dernière molaire. . . . | | | | | | |
| Longueur de la première prémolaire . . . . . | 0,013 | | 0,013 | | | |
| Longueur de la seconde prémolaire. . . . . | 0,018 | | 0,018 | | | |
| Longueur de la carnassière . . | 0,019 | 0,021 | 0,020 | | | |

(1) Les mensurations relatives à la Panthère de Mialet et à celle de Ginesta devaient figurer dans ce tableau. Leur place était laissée en blanc dans le Manuscrit de l'Auteur. (N. D. L. R.).

La dentition supérieure des Panthères fossiles des Cavernes est jusqu'à présent très peu connue. Ainsi M. Bourguignat, dans son *Histoire des Félidés fossiles constatés en France*, ne signale qu'une carnassière supérieure trouvée par Schmerling dans la caverne de Chokier, un fragment de maxillaire supérieur d'individu jeune provenant de la grotte de Lunel-Vieil, un fragment de maxillaire supérieur gauche, comprenant une incisive, la canine et deux molaires, recueilli par Gervais dans la caverne de Mialet.

La tête trouvée à Marlarnaud comprend tous les éléments de la série dentaire à l'exception de la troisième incisive.

Les incisives occupaient, de chaque côté de la face, un espace de 0,013 mesuré en ligne droite. Les mensurations relatives à ces dents sont les suivantes :

| | 1re Incis. | 2me Incis. | 3me Incis. (alvéole). |
|---|---|---|---|
| Diamètre transverse. . . . . | 0,0030 | 0,0035 | 0,005 |
| Diamètre antéro-postérieur . . . | 0,0040 | 0,0050 | 0,007 |
| Hauteur. . . . . | 0,0045 | 0,0055 | ..... |

La canine était forte et présentait le long de son bord postérieur une crête bien détachée. Ses proportions sont :

| | |
|---|---|
| Hauteur en ligne droite du bord antérieur. . . . . | 0,032 |
| Hauteur en ligne droite du bord postérieur . . . . . | 0,035 |
| Diamètre antéro-postérieur au collet. . . . . | 0,014 |
| Diamètre transverse au collet . . . . . | 0,010 |

La canine était séparée de la troisième incisive par un intervalle de 0,0605 et de la première prémolaire par une barre de un millimètre d'étendue seulement.

L'espace occupé par les prémolaires, les molaires et la tuberculeuse était de 0,059.

Ces différentes dents n'offraient aucune particularité de structure qui les fît différer de celles des Panthères actuelles. Afin qu'on puisse se rendre bien compte de la grande similitude qui existe non seulement au point de vue de la forme, mais encore au point de vue des diverses proportions des dents, entre notre animal fossile et les Panthères de nos jours, j'ai établi le tracé odontométrique de la série dentaire du Félin de Malarnaud à côté de celui que M. Bourguignat avait relevé sur une Panthère d'Algérie (Loc. cit. fig. 10). Les deux figures que j'ai obtenues ont entre elles les plus grandes ressemblances.

Les mesures relatives à notre échantillon sont les suivantes :

| | 1re Prém. | 2me Prém. | Carn. | Tuber. |
|---|---|---|---|---|
| Longueur. . . . . | 0,006 | 0,0175 | 0,026 | 0,003 |
| Hauteur . . . . . | 0,004 | 0,0110 | 0,014 | 0,003 |
| Epaisseur. . . . . | 0,004 | 0,0080 | 0,012 | 0,007 |

Les mensurations relatives à la voûte palatine sont celles-ci :

| | |
|---|---|
| Longueur sur la ligne médiane | 0,083 |
| id. de la suture des inter-maxillaires | 0,028 |
| id. des maxillaires | 0,024 |
| id. des palatins | 00,33 |
| Largeur en arrière des canines | 0,041 |
| id. au bord externe de la tuberculeuse | 0,073 |

La distance comprise, sur la ligne médiane, entre le bord palatin postérieur et le bord inférieur du trou occipital, est de 0,082. Par conséquent sur la Panthère de Malarnaud l'étendue de la voûte palatine est à un millimètre près égale à la distance comprise entre le bord postérieur des palatins et le bord inférieur du trou occipital, et c'est celle qui correspond à la longueur de la voûte palatine qui l'emporte. Cette similitude de proportions ne m'a paru tendre à exister que sur une Panthère du Cap. Peut-être l'observerait-on, si on avait une plus grande série de têtes à étudier que celle dont j'ai disposé. Je transcris ici le résultat de mes recherches sur quatre crânes :

| | Panthère d'Algérie | | Panthère de Java | | Panthère de Cochinchine | | Panthère du Cap |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Longueur de la voûte palatine. | 0,091 | — | 0,100 | — | 0,088 | — | 0,078 |
| Espace compris entre le bord palatin postérieur et le bord inférieur du trou occipital. | 0,085 | — | 0,092 | — | 0,079 | — | 0,075 |

Sorti des presses en septembre 1902.

355. — LILLE, LE BIGOT FRÈRES.

## TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE FASCICULE

Pages

**Rabaud** (É.). — Les états pathologiques et les états tératologiques . . 77

**Lécaillon** (A.). — Sur la disposition, la structure et le fonctionnement de l'appareil reproducteur mâle des Collemboles . . . . . 99

**Filhol** (H.). — Contribution à l'étude des Félidés fossiles dont on a découvert les restes dans les cavernes des Pyrénées . . . . . 104

## LE PRIX DES TIRÉS A PART EST FIXÉ AINSI QU'IL SUIT :

| | 25 ex. | 50 ex. | 75 ex. | 100 ex. | 150 ex. | 200 ex. | 250 ex |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Une feuille ..... | 4.50 | 5.85 | 7.20 | 8.10 | 10.60 | 12.85 | 14.85 |
| Trois quarts de feuille | 4 » | 5 » | 6 10 | 7 » | 9 » | 10.60 | 12.15 |
| Une demi-feuille ..... | 3.15 | 4 » | 5 » | 5.60 | 7.20 | 8.10 | 9 » |
| Un quart de feuille . | 2.70 | 3.60 | 4 25 | 4.75 | 5.60 | 6.30 | 8.85 |
| Un huitième de feuille | 2 » | 2.70 | 3.15 | 3.60 | 4.05 | 4.50 | 5 » |
| Plusieurs feuilles.... | 4 » | 5.40 | 6.30 | 7.20 | 9 » | 11.70 | 14 » |

# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

| | |
|---|---|
| 1re série : 1789-1805 | 3 volumes in-4° |
| 2e série : 1807-1813 | 3 volumes in-4° |
| 3e série : 1814-1826 | 13 fascicules in-4° |
| 4e série : 1832-1833 | 2 volumes in-4° |
| 5e série : 1836-1863 | 28 fascicules in-4° |
| 6e série : 1864-1876 | 13 fascicules in-8° |
| 7e série : 1877-1888 | 11 volumes in-8° |

Chaque année pour les Membres de la Société . . . . . 5 francs
— pour le public . . . . . 12 francs

# Mémoires originaux publiés par la Société Philomathique

A L'OCCASION DU

## CENTENAIRE DE SA FONDATION

## 1788-1888

Le recueil des mémoires originaux publié par la Société philomathique à l'occasion du centenaire de sa fondation (1788-1888) forme un volume in-4° de 437 pages, accompagné de nombreuses figures dans le texte et de 24 planches. Les travaux qu'il contient sont dus, *pour les sciences physiques et mathématiques*, à : MM. Désiré André ; E. Becquerel, de l'Institut ; Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Institut ; Bouty ; Bourgeois ; Descloizeaux, de l'Institut ; Fouret ; Gernez ; Hardy ; Haton de la Goupillière, de l'Institut ; Laisant ; Laussedat ; Léauté ; Mannheim ; Moutier ; Peligot, de l'Institut ; Pellat. *Pour les sciences naturelles*, à : MM. Alix ; Bureau ; Bouvier ; Chatin ; Drake del Castillo ; Duchartre, de l'Institut ; H. Filhol ; Franchet ; Grandidier, de l'Institut ; Henneguy ; Milne-Edwards, de l'Institut ; Mocquard ; Poirier ; A. de Quatrefages, de l'Institut ; G. Roze ; L. Vaillant.

**En vente au prix de 35 francs**

CHEZ M. REYCKAERT, HÔTEL DES SOCIÉTÉS SAVANTES,
28, RUE SERPENTE, PARIS VIe


LILLE. IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

---

NEUVIÈME SÉRIE, — TOME IV

Nos 3-4

1901-1902

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

A LA SORBONNE

—

1902

Smithsonian Institution
JUN 2 1903
National Museum.

*Le Secrétaire-Gérant,*

E.-L. BOUVIER.

**Le Bulletin paraît par livraisons trimestrielles.**

## COMPOSITION DU BUREAU POUR 1903

*Président* : M. Désiré André, 70bis, rue Bonaparte, Paris, VIe.

*Vice-Président* : M. Dongier, 82, rue Claude-Bernard, Paris, Ve.

*Archiviste* : M. Henneguy, 9, rue Thénard, Paris, Ve.

*Secrétaire des publications* : M. E.-L. Bouvier, 39, rue Claude-Bernard, Paris, Ve.

*Vice-Secrétaire des publications* : M. Henri Neuville, 55, rue de Buffon, Paris, Ve.

*Secrétaire des séances* : M. Lécaillon, 118, rue Monge, Paris Ve.

*Vice-Secrétaire des séances* : M. Leau, 6, rue Vavin, Paris, VIe.

*Trésorier* : M. J. Mabille, 7bis, rue Laromiguière, Paris, Ve.

---

La Société Philomathique de Paris se réunit les 2e et 4e Samedis de chaque mois, à 8 h. 1/2, à la Sorbonne (salle de travail des Étudiants).

---

Les membres de la Société ont le droit d'emprunter des livres à la Bibliothèque de l'Université. Ils ont également droit, sur leur demande, à 50 tirages à part gratuits des Mémoires qu'ils publient dans le Bulletin.

---

Pour le paiement des cotisations et l'achat des publications, s'adresser à M. Reyckaert, Hôtel des Sociétés Savantes, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

---

# PROPRIÉTÉ ÉLÉMENTAIRE DU TRIANGLE

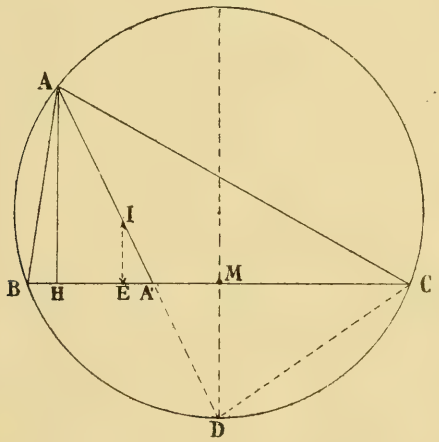
par M. C.-A. LAISANT.

Soient ABC un triangle ; H, A′ les pieds de la hauteur et de la bissectrice issues du sommet A ; M le milieu du côté BC. On sait qu'on a

$$\frac{AB}{BA'} = \frac{AC}{A'C} = \frac{AB + AC}{BC} = k.$$

On a aussi $\frac{MH}{MA'} = k^2$. Cette propriété très simple est peut-être nouvelle dans sa forme.

Il est facile de l'établir par le calcul ; mais en voici une démonstration géométrique directe. Construisons le cercle circonscrit à ABC ; la bissectrice AA′ vient le couper au point D, milieu de l'arc




BC. Joignons les points D, C. Il est visible que les trois triangles ABA′, CDA′, ADC sont semblables. Par conséquent,

$$k = \frac{AB}{BA'} = \frac{CD}{DA'} \; ; \; k = \frac{AB}{BA'} = \frac{DA}{CD},$$

et, par multiplication,

$$k^2 = \frac{DA}{DA'} = \frac{MH}{MA'}.$$

Ceci peut servir à certaines constructions de triangles, ou à la résolution de certains problèmes. Par exemple, si l'on veut construire un triangle connaissant la hauteur, la bissectrice et la médiane issues d'un sommet A, la figure AHA'M se construira immédiatement ; on aura donc le rapport $k$ ; et la circonférence, lieu des points P tels que $\frac{PA}{PA'} = k$, viendra couper la droite HA'M en B et C ; il est du reste évident que cette dernière circonférence a pour centre le point D, et qu'elle passe par le centre I du cercle inscrit.

Si l'on donne seulement les trois points M, A', H en ligne droite, et qu'on demande le rapport $\frac{AB + AC}{BC}$, c'est-à-dire $k$, on l'obtient immédiatement, puisque c'est $\sqrt{\frac{MH}{MA'}}$. Au fond, c'est, sous une apparence différente, cette propriété de l'ellipse rapportée à ses axes : si l'on prend l'abscisse $x$ d'un point de la courbe, l'abscisse $x_1$ du pied de la normale correspondante terminée au grand axe, le rapport $\frac{x_1}{x}$ est le carré de l'excentricité de la courbe.

On remarquera que le rapport $\frac{AI}{IA'}$ est aussi égal à $k$. Donc, $k = \frac{HE}{EA'}$, E étant le point de contact du cercle inscrit avec BC. On a donc $\frac{MH}{MA'} = \frac{\overline{HE}^2}{\overline{EA'}^2}$. Il est facile de voir qu'on déduit de là $\overline{ME}^2 = MA'.MH$. La puissance du point M est donc la même par rapport au cercle iuscrit et à un cercle quelconque passant par H et A'. Autrement dit, l'axe radical de ces deux cercles passe toujours par M.

Sorti des presses en mars 1903.

# LISTE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES D'EUGÈNE VICAIRE

par M. Désiré ANDRÉ.

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, où il était entré et d'où il était sorti avec le premier rang, Eugène Vicaire n'a cessé, depuis 1858, d'appartenir au corps des Mines. En 1901, lorsqu'il mourut, il était à la fois Inspecteur général des mines, professeur à l'École Nationale Supérieure des mines, et Vice-Président du Conseil général des mines.

Comme la plupart des ingénieurs de ce corps éminent, Eugène Vicaire, après sa sortie des Écoles spéciales, avait continué de s'intéresser aux sciences et de les cultiver. Il était membre de la Société mathématique de France, dont il fut le président en 1892; de la Société scientifique de Bruxelles, dont il fut le président en 1895-1896 ; enfin, ce qui nous importe surtout, de la Société Philomathique de Paris, où il fut élu le 26 janvier 1889, et dont il devint le président le 13 janvier de l'année 1900.

Les travaux scientifiques qu'il a publiés sont nombreux et variés ; ils se rapportent les uns aux sciences pures, les autres aux sciences appliquées, principalement à l'art de l'ingénieur ; nous allons en donner la liste, dans l'ordre et suivant le mode de classification que Vicaire lui-même à choisis.

## Géométrie, Mécanique rationnelle et Mécanique céleste

1. Sur la loi de l'attraction astronomique et sur les masses des divers corps du système solaire (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, T. LXXVIII, p. 790; 23 mars 1874).

2. De l'influence des perturbations dans la détermination des orbites (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, T. C, p. 778; 16 mars 1885).

3. Sur un théorème de Lambert (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, T. C, p. 842; 23 mars 1885).

4. Sur les propriétés communes à toutes les courbes qui remplissent une certaine condition de minimum ou de maximum. (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, T. CVI, p. 456, 1888. — Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, T. XXI, 1892).

5. Sur les sections circulaires du tore (Bulletin de la Société mathématique de France, T. XIX, 1890).

6. Sur les petites oscillations d'un système soumis à des forces perturbatrices périodiques. (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, T. CXII, p. 82; 16 janvier 1891).

7. Sur la réalité de l'espace et le mouvement absolu. (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, T. XVIII, 1894 ; IIe partie, p. 283.—T. XIX, 1895, Ire partie, p. 113. — T. XX ; 1896, Ire partie, p. 6).

8. Sur la nature et sur les principes de la Mécanique rationnelle. (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, T. XX; 1896 ; Ire partie, p. 8.)

9. Sur la nécessité du mouvement absolu en mécanique. (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, T. XX, 1896; Ire partie, p. 8).

## Mécanique appliquée et chemins de fer

10. Sur la limitation de la vitesse des trains eu égard au tracé de la voie (Revue générale des chemins de fer, T. II, 2e semestre, p. 169; septembre 1879).

11. Compte-rendu des expériences entreprises au chemin de fer du Nord pour l'essai comparatif du frein à embrayage électrique de M. Achard et du frein pneumatique de M. Smith (Annales des Mines, 7e série, T. XVIII, p. 417 ; 1880).

12. Rapports annuels sur le fonctionnement des freins continus sur les chemins de fer français (Rapports imprimés, mais non livrés au public).

13. Notice sur une soupape de sûreté de M. Th. Adams (Annales des Mines, 7e série, T. XIX, p. 92; 1881).

14. Rapport sur la comparaison des deux types de voie, à rail Vignole et à rail à double champignon (Annales des Mines, 7e série, T. XX, p. 5; 1881. — Annales des Ponts-et-Chaussées, 6e série, T. II, p. 237).

15. Rapport de la Commission chargée d'examiner le frein à air comprimé de M. Wenger, avec une note complémentaire par le Rapporteur (Annales des Mines, 8e série, T. II. — Annales des Ponts-et-Chaussées, 6e série, T. IV ; 1882).

16. Rapport présenté au nom de la Commission chargée d'étudier les moyens de prévenir les collisions de trains occasionnées par la rencontre de plusieurs voies (Annales des Mines, 8e série, T. IV. — Annales des Ponts-et-Chaussées, 6e série, T. VII ; 1883).

17. Expériences sur la consommation d'eau des locomotives (Ces expériences, faites sur le réseau d'Orléans, sous la direction d'Eugène Vicaire, n'avaient, jusqu'en 1896 au moins, donné lieu à aucune publication).

## Physique

18. Sur la température des flammes et la dissociation (Comptes-

rendus de l'Académie des Sciences, T. LXVII, p. 1448; 28 décembre 1868. — Annales de Chimie et de Physique, 4e série, T. XIX; 1870).

19. Sur la distribution de la chaleur dans les fours à cuve, et spécialement dans les hauts-fourneaux à fer (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, 2e série, T. XIV; Saint-Etienne, 1875).

20. De la valeur objective des hypothèses physiques (Revue des questions scientifiques; Bruxelles, Août 1893).

## Physique céleste et astronomie

21. Sur la température de la surface solaire (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, T. LXXIV, p. 31; 1872).

22. Sur la température de la surface solaire. — Réponse au R. P. Secchi (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, T. LXXIV, p. 461; 1872).

23. Même sujet (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, T. LXXVIII, p. 1012; 1874).

24. Sur la constitution physique du soleil (Comptes rendus, T. LXXV. p. 527; 1872).

25. Observations sur la théorie des cyclones solaires (Comptes rendus, T LXXVI, p. 703 et 948; 1873).

26. Sur la théorie des taches et sur le noyau obscur du soleil (Comptes rendus, T. LXXVI, p. 1396; 1873).

27. Sur la constitution du soleil et sur la théorie des taches (Comptes rendus, T. LXXVI, p. 1540, et T. LXXVII, p. 40 et 1491; 1873.)

28. Sur la constitution physique du soleil dans ses rapports avec la géologie (Bulletin de la Société géologique de France, 3e série, T. II, p. 211; 6 avril 1874).

29. Sur la loi de la rotation du soleil (Bulletin de la Société philomathique de Paris, 8e série, T. II, p. 159, 1890).

30. Observations relatives à l'aurore boréale du 4 février 1872 (Comptes-rendus, T. LXXIV, p. 473; 1872).

## Métallurgie et Art des mines.

31. Notice sur le procédé Bessemer pour l'affinage de la fonte (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, 1re série, T. VIII, p. 531 et T. IX, p. 153; Saint-Etienne, 1862 à 1864).

32. Notice sur le lavage des cendres de houille (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, 1re série, T. X, p. 5; 1864).

33. Sur l'emploi des combustibles inférieurs dans la métallurgie du fer (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, 4e série, T. XII, p. 633; Saint-Etienne, 1867-1868).

34. Expériences sur l'aérage des chantiers à grisou (Rapport d'une commission de la Société de l'Industrie Minérale ; Bulletin de la Société, 2e série, T. IV : Saint Etienne, 1875).

35. Note sur l'accident de Frameries (En commun avec feu Ernest Mallart, membre de l'Académie des Sciences. — Annales des Mines, 7e série, T. XV, p. 575 ; 1879).

A ces différents travaux, il convient d'ajouter :

36. Notice sur les travaux scientifiques de M. Eugène Vicaire (Paris, Gauthier-Villars, 1896).

37. Observations sur le traité de Mécanique de M. G. Kirchhoff (Société Philomathique de Paris, 8e série, T. IX, p. 25; 1897).

38. Cours de chemins de fer (Autographié, Ecole des mines, 1901. — Va paraître chez Gauthier-Villars, dans l'Encyclopédie Lechalas).

39. Sur des expériences concernant le frein Lipkowski (Annales des Mines, T. XX ; 1900).

De ces trente-neuf travaux, les trois derniers m'ont été signalés par M. André Vicaire, l'un des fils de notre confrère. Les trente-cinq premiers étaient résumés dans la Notice (36) que je viens de mentionner. Je n'ai eu que la peine d'y copier leurs titres, avec les indications bibliographiques qui les accompagnaient.

Mais cette Notice, que j'ai ainsi mise à contribution, n'est point, comme le présent article, une simple liste énumérative. Elle explique chaque Mémoire ou Note; elle en donne le point de départ, la méthode, les conclusions ; elle est une véritable analyse, exacte, complète, des travaux scientifiques de notre excellent et regretté confrère.

Sorti des presses en mars 1903.

# PRINCIPES DE LA BIOLOGIE RATIONNELLE

par M. J.-J. DESCHAMPS

## I

## GÉNÉRALITÉS SUR LES SCIENCES RATIONNELLES

### 1° Définition d'une science rationnelle.

Une science rationnelle consiste dans l'application méthodique d'un procédé ou, plus exactement, d'une série de procédés ayant pour but : d'une part d'interpréter, d'autre part de prévoir les phénomènes naturels. On peut dire que l'interprétation est l'objet, l'essence propre de la science, tandis que la prévision des faits en constitue l'application. Suivant le point de vue auquel on se place, on peut attribuer une importance plus ou moins grande à l'une ou à l'autre de ces deux opérations ; en fait, elles ont chacune leur importance propre et sont intimement unies autant que le principe est uni à l'application, et l'application au principe.

On oppose souvent la science rationnelle à la science expérimentale. Cette opposition n'a pas sa raison d'être, parce qu'on ne crée pas de toutes pièces une science rationnelle, dont l'objet ne saurait être une pure chimère. Une science rationnelle se superpose à une science expérimentale, à laquelle elle emprunte son objet, son point de départ; ou mieux ces deux sciences forment un ensemble, un tout ayant pour objet la connaissance aussi complète que possible d'un être ou d'une catégorie déterminée d'êtres. Ces deux dénominations : science rationnelle, science expérimentale, indiquent simplement les deux grandes divisions dont se compose l'étude en question, les deux opérations fondamentales de l'esprit : observation d'abord, interprétation ensuite et ses applications.

Il arrive cependant souvent que ces deux branches d'une même étude paraissent assez nettement séparées l'une de l'autre, ou même que l'une d'elles seulement, la première dans l'ordre logique, la science expérimentale, existe. Cela se produit, soit lorsque l'objet d'étude est de nature complexe et de grande variété, soit lorsque

l'interprétation des phénomènes observés présente des difficultés plus ou moins grandes. Dans d'autres cas, au contraire, on constate cette particularité curieuse que la difficulté d'interprétation, loin de s'opposer à la création de cette interprétation, la favorise en ce sens que ce n'est pas une seule, mais plusieurs interprétations qui se trouvent en jeu. Ces variétés d'interprétation constituent alors ce qu'on est convenu d'appeler des théories ou encore des systèmes. Les systèmes sont fameux dans l'histoire des philosophies et des religions ; dans l'histoire de la science, les théories ont une importance moindre, parce que les théories erronées n'ont pas pu résister au contrôle des faits et sont par là même tombées dans l'oubli.

En particulier, la Biologie est restée pendant longtemps dans la première période, celle d'observation, et c'est pourquoi on la considère presque toujours comme une science purement expérimentale. Les dénominations de Biologie rationnelle, de Biologie mathématique, auraient fait sourire il y a quelque années. Et cependant le seul mot de Biologie n'implique-t-il pas par lui-même une généralisation, qui est un commencement d'interprétation ? Néanmoins, les esprits sont aujourd'hui, beaucoup mieux qu'autrefois, préparés à accepter cette nouvelle manière d'envisager la Biologie. Indépendamment des applications partielles déjà fréquentes de la méthode rationnelle et même mathématique à l'interprétation de certains phénomènes vitaux, les habitudes d'esprit acquises par la divulgation de plus en plus grande des sciences d'observation, physique, astronomie, mécanique, etc., déjà partiellement ou totalement transformées en sciences rationnelles, font regarder comme moins impossible l'application d'une méthode plus rigoureuse à la Biologie. Elles conduisent même à désirer la transformation, à l'aide d'une vaste synthèse, en une science vraiment rationnelle, de l'ensemble des résultats obtenus jusqu'à présent par une longue et patiente analyse.

Aussi de tous côtés se font de nombreuses tentatives ; on pénètre de plus en plus dans cette voie de la généralisation ; on sent que, si variés et si différents que soient les uns des autres les êtres vivants, ils possèdent des propriétés communes qui leur servent de lien, que par suite un certain nombre de phénomènes se passent de la même manière chez tous, quels qu'ils soient.

Ces phénomènes généraux constituent alors les circonstances fondamentales de la vie, ce qu'on aurait appelé naguère encore les *lois* de la Biologie, et qu'on appellerait encore ainsi, si ce mot ne devait pas être à jamais banni de la terminologie scientifique. Ils constituent

donc les bases de ce que nous estimons très légitime de désigner sous le nom de Biologie rationnelle, et ce sont eux que nous nous proposons de mettre en évidence dans le présent exposé.

Toutefois, avant d'entrer dans le vif de notre sujet, il importe, pour bien préciser la méthode employée, de compléter les généralités précédentes par l'exposé des règles à suivre dans la constitution d'une science rationnelle.

### 2° Méthode des Sciences rationnelles.

Une science rationnelle, avons-nous dit, se superpose à une science d'observation, ayant pour objet l'étude d'une catégorie déterminée d'êtres d'une certaine nature. L'observation fait connaître leur composition physique ou chimique, leur structure, leurs détails d'organisation, etc., en un mot, ce qu'on appelle leur constitution ; de plus, par la comparaison des résultats obtenus pour chacun d'eux, elle fournit les analogies et les différences qui existent entre eux, et qui servent ainsi de base à une classification méthodique.

Or, il est dans la nature de l'esprit humain de pousser plus loin ses investigations ; c'est pourquoi il s'en tient rarement aux résultats dont nous venons de parler. Une observation plus attentive le conduit en effet à établir soit entre les êtres étudiés, soit entre ces êtres et ceux de nature différente qui peuvent l'environner, certaines *relations*. Ces relations sont de diverses natures, et peuvent varier beaucoup suivant les circonstances. Dans les cas les plus simples, elles peuvent être réduites à des relations de nombre, de distance et de forme, et alors ces relations sont exprimables par les symboles mathématiques qui apportent avec eux tous les avantages de leur concision et de leur clarté.

D'ailleurs, quelles que soient ces relations, nous devons les envisager, non seulement au point de vue de leur nature, mais encore à un autre point de vue, qui est celui de leur *durée*. Nous constatons en effet que ces relations peuvent se conserver au moins pendant un certain temps, ou bien qu'elles peuvent changer; nous avons alors à tenir compte soit de leur stabilité plus ou moins grande, soit de leur variation. Par suite, nous avons à considérer ce qui est, ce qui subsiste ou peut subsister, et aussi ce qui change, c'est-à-dire l'état de repos ou l'état de mouvement, ou encore l'état *statique* et l'état *cinématique*.

C'est alors qu'intervient une autre opération de l'esprit par

laquelle nous cherchons à expliquer, à interpréter les phénomènes, opération dont il est impossible de démontrer la légitimité, pas plus qu'il n'est possible de démontrer la légitimité de nos affirmations concernant l'existence du monde extérieur d'après les impressions exercées sur nos sens. Cette interprétation consiste essentiellement en deux affirmations, qui ne sont en réalité que deux hypothèses. La première consiste à admettre que les états de stabilité ou phénomènes statiques résultent de la nature même des choses et leur sont intimement liés. La seconde consiste à admettre que les êtres ne portent pas en eux les raisons des variations observées, c'est-à-dire des phénomènes cinématiques. Et alors, du moment que ces variations existent, nous les rattachons, par une nouvelle affirmation ou hypothèse, à des actions extérieures aux êtres considérés. Nous appliquons, en un mot, ce qu'on est convenu d'appeler la *notion de causalité* et nous donnons le nom général de *causes* aux actions étrangères qui, d'après nous, produisent les changements que nous désignons sous le nom également général d'*effets*.

Nous n'avons pas à discuter ici le principe de causalité, car nous ne faisons qu'exposer les procédés mis en œuvre par l'esprit humain. Nous ferons simplement remarquer qu'il repose sur un besoin absolument impérieux ; cette nécessité presqu'absolue d'affirmation qui se traduit par l'adage si connu : *Pas d'effet sans cause*, est le point de départ de nouvelles recherches, dont l'ensemble constitue ce qu'on peut appeler la *dynamique* des phénomènes ou plus exactement la dynamique des variations observées. La dynamique a pour objet de rechercher les causes de ces variations, et quand on les a trouvées ou qu'on a cru les trouver, de préciser leur mode d'action et par suite leurs relations avec les effets qu'elles produisent.

C'est dans cette dynamique que consiste essentiellement l'explication, l'interprétation dont nous avons parlé plus haut. Lorsque cette interprétation est faite d'une manière méthodique, claire, précise, elle peut constituer, à proprement parler, une *science rationnelle*, et cela, quelle que soit la nature des variations constatées et des causes qui sont supposées les produire. Il est vrai qu'on emploie plus ordinairement cette expression de science rationnelle, quand les variations des effets sont des grandeurs mesurables et que les causes sont elles mêmes regardées comme telles. C'est que, dans ces cas, la science en question peut acquérir une précision, une netteté remarquables, précision qui fait malheureusement défaut dans la plupart des autres circonstances. En même temps d'ailleurs

l'instrument mathématique devient applicable, non seulement pour représenter symboliquement, d'une part les relations permanentes ou variables, d'autre part aussi les causes de ces variations, mais encore pour substituer à nos raisonnements des opérations, transformations ou équivalences rigoureusement démontrées. Simplicité dans le mécanisme, rigueur dans les résultats, clarté dans toute l'étendue du travail : tels sont les avantages incontestables que présente l'emploi de la méthode mathématique, là où elle est applicable.

En résumé, une science complète est formée par l'ensemble d'une science d'observation et d'une science de raisonnement, reliées entre elles par une étude intermédiaire, faite d'observations et d'expérimentations, dans laquelle on cherche à connaître les propriétés *statiques* d'une part, et les propriétés *cinématiques* d'autre part. Le travail à faire comprend les quatre parties suivantes :

1° Observations ;
2° Statique ;
3° Cinématique ;
4° Dynamique.

La mécanique rationnelle nous offre l'exemple à la fois le plus simple et le plus clair d'une étude de ce genre. C'est le plus simple, parce que l'observation est ici réduite au minimum, l'objet à étudier, qui est le point matériel, étant à la fois unique et indivisible. C'est le plus clair, parce que les seules relations entre deux ou plusieurs points matériels sont uniquement des relations de distance, susceptibles d'une représentation à la fois concrète et abstraite, géométrique et analytique. C'est encore l'exemple le plus clair, parce que la cause du phénomène cinématique n'est pas étrangère à l'objet propre de la mécanique. L'hypothèse fondamentale de la dynamique du mouvement consiste en effet à admettre que toute variation dans l'état statique d'un point matériel est due à un autre point matériel, c'est-à-dire à un être de même nature que celui qui la subit.

Pour toutes ces raisons, la Mécanique peut être regardée comme le modèle d'une science complète, comprenant à la fois l'observation et le raisonnement, la science rationnelle complétant et interprétant la science d'observation et d'expérimentation.

## II

## APPLICATION A LA BIOLOGIE DE LA MÉTHODE DES SCIENCES RATIONNELLES

### 1° De l'observation en Biologie

Telle est la méthode à suivre pour constituer la Biologie rationnelle et la superposer à la Biologie expérimentale. D'après ce que nous venons de dire, la Biologie expérimentale constitue la première partie de l'étude générale des êtres vivants. C'est elle qui fournit les données d'observation et d'expérimentation, destinées à être mises en œuvre plus tard. Nous n'avons pas à développer ici cette première partie de la science ; c'est pourquoi nous supposerons acquis les résultats d'observation, et nous n'en parlerons ici que pour faire une double remarque.

La première c'est que l'objet d'étude de la Biologie est d'une complexité et d'une variété extraordinaires qu'il suffit de signaler sans avoir à les justifier davantage. La complication vraiment extrême à tous les points de vue des êtres vivants, leur nombre incalculable, ont rendu l'observation très pénible, très difficile et par suite très-longue ; c'est pourquoi la Biologie a été et est encore en retard sur les autres sciences, même sur celles qui, créées plus tard, ont eu un essor plus rapide.

La seconde remarque consiste à mettre en évidence un fait important, absolument capital dans l'histoire de la Biologie d'observation. Ce fait réside dans la découverte relativement récente de la cellule, c'est-à-dire de l'élément anatomique. Avant cette découverte si importante, on peut dire que la Biologie naviguait sans boussole. Elle manquait en effet de son élément directeur essentiel, parce qu'il est dans la nature de l'esprit humain de tout rattacher à un ou plusieurs éléments. Aujourd'hui, et en dehors de ceux peu nombreux qui contestent encore la théorie cellulaire, on explique la composition des êtres vivants et de leurs organes, en les regardant comme formés de cellules. En outre, et depuis que les découvertes microbiologiques, confirmant et complétant la théorie cellulaire, ont montré qu'il existe des êtres vivants réduits à une cellule unique, évoluant d'une façon indépendante, les colonies microbiennes n'ayant généralement d'autre signification que celle d'individus juxtaposés, vivant simplement côte à côte, on est amené à conce-

voir que dans les organismes plus compliqués, chaque cellule constituante vit pour son propre compte, et que par suite la vie de l'individu, sans être, au sens propre du mot, la résultante de ces vies partielles, est une conséquence, d'une part de ces existences individuelles, d'autre part des liens qui les unissent.

L'analyse et l'étude des êtres vivants sont donc en définitive ramenées à celles de la cellule, et c'est elle que nous aurons désormais en vue dans ce simple exposé. L'étude des organismes, c'est-à-dire des systèmes cellulaires, ne peut en effet que se déduire de l'étude de la cellule, exactement comme l'étude de la cinématique et de la dynamique des systèmes matériels repose sur la cinématique et la dynamique du point matériel.

Toutefois cette cellule, dont la signification anatomique est si simple, est encore en elle-même de nature fort complexe. Si, en qualité d'élément, elle a presque la signification d'un point, il n'en est pas de même au point de vue de sa composition, de sa structure et aussi au point de vue fonctionnel. C'est pourquoi son étude a nécessité et nécessitera encore des travaux très étendus. Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur ce sujet malgré toute son importance ; il rentre dans la catégorie des études d'observations qui sont la base de la science rationnelle à former. Nous ne pouvons que formuler le regret de nous trouver encore en présence de tant d'inconnues, malgré les résultats déjà si nombreux et si remarquables obtenus par les savants les plus éminents. Mais ce qui n'est pas encore se réalisera plus tard, et le temps apportera certainement avec lui les progrès dont il est un facteur essentiel.

Dans l'état actuel, cet état incomplet de nos connaissances sur l'objet fondamental de la Biologie est-il une raison suffisante pour s'arrêter en chemin et retarder la constitution d'une Biologie rationnelle ? Nous ne le pensons pas. Quels que soient les éléments qui nous manquent, nous avons déjà des données expérimentales de nature et de quantité suffisantes, pour nous permettre d'entrer dans la voie précédemment exposée. Nous allons le montrer dans ce qui va suivre.

### 2° Statique et cinématique vitales.

Ce qu'il faut en effet mettre en évidence, ce sont des faits d'ordre statique et des faits d'ordre cinématique.

Or il existe un fait statique fondamental indéniable, très général et très fréquemment observé. Ce fait consiste en ce qu'un élément cellulaire, placé dans certaines conditions soit de température, soit

de milieu, reste inaltéré pendant un temps qui peut même être très long. Tout le monde connaît la suspension, l'arrêt des phénomènes cellulaires vitaux, dus soit à une très-basse température, soit à la présence d'un milieu complètement inerte, comme l'azote ou l'hydrogène.

A ce fait statique est opposée toute la série des faits cinématiques, de même qu'à la constance est opposée la variation. Les principaux de ces faits cinématiques sont les suivants :

1° *Dans certaines conditions de milieu, l'élément cellulaire subit des modifications dont le résultat est la formation d'une seconde cellule semblable à la première.*

Il est inutile d'insister davantage pour l'expliquer sur ce phénomène très connu, qui est la véritable caractéristique de l'être vivant, qui constitue l'acte vital fondamental et que nous désignerons sous le nom de phénomène de *multiplication.*

2° *Dans d'autres conditions, un élément cellulaire, tout en conservant la même nature et les mêmes propriétés, diminue de volume et de poids.*

C'est le phénomène de la destruction partielle, pouvant aboutir, quand il se continue, à la destruction totale.

Le phénomène de la multiplication et celui de la destruction sont opposés l'un à l'autre, et sont séparés par le phénomène intermédiaire de la stabilité. A un instant donné, un élément cellulaire normal, c'est-à-dire non altéré dans sa composition, peut subir l'un de ces trois états, ceux-ci pouvant ou se prolonger ou se succéder les uns aux autres, suivant les conditions extérieures.

3° *Dans d'autres conditions encore, la composition d'un élément cellulaire peut subir des modifications d'abord partielles, pouvant ensuite devenir totales, mais telles que les portions ainsi transformées ne peuvent plus présenter le phénomène de la multiplication.*

Ces transformations sont désignées sous le nom de *dégénérescences* et le plus ordinairement on les caractérise par le nom des substances nouvellement produites. C'est ainsi qu'on distingue la dégénérescence graisseuse, la dégénérescence amyloïde, etc.

4° *Il peut arriver enfin que la substance cellulaire subisse le phénomène de la multiplication, mais avec cette particularité que les cellules nouvellement formées, au lieu d'être identiques aux anciennes, présentent avec elles des différences de structure ou de composition, tout en possédant comme elles la propriété fondamentale de pouvoir se multiplier.*

C'est encore le phénomène de multiplication, mais compliqué d'une transformation qui se fait ordinairement d'une façon plus ou

moins lente, et qui peut aboutir à des cellules dont la composition diffère notablement de celle des cellules primitives. On désigne encore ce phénomène sous le nom d'*évolution*.

### 3° Dynamique vitale.

Cette énumération faite, nous devons chercher à expliquer les faits d'ordre cinématique que nous venons d'indiquer, en les rattachant à des causes dont nous ferons autant que possible connaître la nature et le mode d'action.

Or, s'il y a unanimité d'avis en ce qui concerne les faits en eux-mêmes, cette unanimité cesse lorsqu'il s'agit de les expliquer. Le phénomène de multiplication, en effet, ne se manifeste pas ordinairement sous la forme simple qui correspond à son énoncé. Ce qu'on observe généralement, ou plutôt vulgairement, ce n'est pas un doublement, une multiplication de cellules ; c'est un accroissement, une augmentation de dimensions, de volumes, de poids. On voit même surgir des êtres nouveaux, et si quelques-uns ont pour origine une semence, très petite, il est vrai, et toujours hors de proportion avec leur propre grandeur, d'autres au contraire paraissent naître sans germes. Elle est récente encore la théorie de la génération spontanée, avec ses discussions ardentes, et l'on sait toutes les difficultés que Pasteur rencontra pour faire triompher la théorie contraire, proclamant la constante préexistence du germe.

Il se produit en outre chez les êtres vivants, non seulement dans la période d'accroissement, mais encore durant tout le cours de leur existence, des phénomènes variés d'élévation de température et de mouvement par exemple, remarquables surtout par leur caractère de spontanéité et leur absence apparente de relation avec le milieu extérieur.

Tous ces phénomènes, et d'autres encore, paraissent si extrordinaires qu'on est presqu'invinciblement porté à les attribuer à des principes, ou mieux à des êtres doués d'une puissance et d'une activité que ne semble pas posséder la matière inerte. C'est ainsi qu'on est amené à opposer, mais pour les associer, la substance spirituelle à la substance matérielle, le monde des esprits au monde des corps, les esprits possédant seuls par eux-mêmes la puissance motrice, le souffle vital, à l'aide desquels ils communiquent aux corps le mouvement et la vie. Mais alors de quelle nature sont ces êtres nouveaux ? quel est leur mode d'action ? quelles sont leurs relations avec les êtres vivants ? Ce sont là tout autant de questions auxquelles cherchent à répondre les diverses théories qu'on peut imaginer.

Nous n'avons pas à prendre parti dans ces discussions qu'on a trop envenimées et nous restons sur le terrain inattaquable de la libre interprétation et du droit à l'hypothèse, avec la seule préoccupation d'expliquer les faits et de rester constamment d'accord avec eux.

Nous rappellerons à ce sujet, qu'on a supprimé en Mécanique toute discussion au sujet des causes du mouvement en attribuant à un point matériel le mouvement d'un autre point matériel. Par analogie, il est naturel de rechercher si les phénomènes de variations énoncés plus haut ne peuvent pas être rattachés à l'action d'êtres matériels extérieurs mais voisins, à l'action du milieu où se trouve l'être vivant.

Sans doute, cette influence du milieu est depuis longtemps constatée ; mais il s'agit de savoir si la dynamique vitale peut reposer tout entière et exclusivement sur ces actions de milieu. Or, c'est ici que ressort l'avantage du développement des études physiques et chimiques, au point de vue de la direction de l'esprit humain. Et sans insister davantage, sans mettre en parallèle le passé et le présent, je ferai simplement remarquer ce fait capital que la chimie s'est installée en maîtresse dans la Biologie, et qu'aujourd'hui on prépare et l'on dirige une réaction vitale dans les mêmes conditions qu'une réaction chimique. Il n'y a pour s'en convaincre, qu'à se reporter aux expériences si claires, si concluantes de Bactériologie.

Nous admettons donc l'hypothèse que toute modification dans l'état d'un être vivant est due à une réaction, c'est-à-dire à un échange de substances avec le milieu environnant, et aussi l'hypothèse corrélative que tout état de stabilité dans le même être correspond à une absence d'échanges.

Pour légitimer et compléter ces hypothèses, il faudrait faire connaître la nature de ces échanges et établir les formules des réactions vitales. Or, c'est ici que nos connaissances sont le plus incomplètes, et il y a certainement de ce côté une très grande lacune à combler. Pour tout dire en un mot : on est peu fixé sur la nature des réactions qui s'accomplissent soit à l'intérieur, soit simplement dans le voisinage d'une cellule vivante. Sans doute on connaît un certain nombre de produits extrêmes, quelques produits intermédiaires ; mais, comme on sait encore peu de chose sur la constitution et sur les réactions de l'albumine ou plus exactement des substances albuminoïdes qui semblent former la trame de la substance vivante, on est mal renseigné sur leur mode d'évolution et de transformation. Il y a donc ici un très grand

progrès à réaliser, de nouvelles études à faire ; mais on ne saurait douter qu'on ne parvienne un jour au résultat désiré et qu'on ne puisse suivre toute la série des transformations qui s'opèrent soit à l'intérieur d'une substance vivante, soit seulement par son influence et dans son voisinage. On a déjà obtenu, dans ces dernières années, des résultats partiels assez intéressants pour qu'on puisse espérer la solution de plus en plus complète de cette importante question.

Néanmoins, malgré cette absence de détails, il est possible de savoir ou de présumer comment les choses se passent, et de se rendre compte de la marche générale des phénomènes.

Considérons en effet, par exemple, le phénomène de la multiplication cellulaire. D'abord, toutes les expériences montrent qu'il ne s'accomplit que lorsque la substance cellulaire se trouve dans un milieu de composition déterminée, et à une température convenable. Elles montrent, en outre, que lorsque la multiplication s'est effectuée, la composition du milieu a changé. La substance ou le mélange primitif de substances constitutives du milieu, auquel on donne le nom d'aliment, a subi une diminution en quantité, et de plus on constate la présence de substances de nouvelle formation. Ces substances vont en augmentant au fur et à mesure que la multiplication se continue, et l'on constate que leur présence exerce une action nuisible sur la réaction ; car, si on les laisse s'accumuler, la réaction s'arrête tôt ou tard, tandis qu'elle se continue si ces produits sont éliminés. On a donné à ces produits le nom impropre de substances de désassimilation.

Pour expliquer cet ensemble de circonstances, il est avantageux de lui donner une forme symbolique. Désignons, en effet, par $S$ la quantité de substance cellulaire existant à un instant donné et à une certaine température que nous supposerons convenable et constante, dans un milieu renfermant une quantité $M$ de substance nutritive. Au bout d'un certain temps, l'analyse montre qu'il s'est formé une quantité nouvelle de substance cellulaire, qu'en même temps la substance nutritive a disparu en partie, s'est réduite à une valeur $m$ inférieure à $M$, et qu'il s'est produit une quantité $n$ de substances de nouvelle formation. Conformément à ce qui se passe dans toute réaction chimique où les éléments ne font que se déplacer, sans qu'il y ait création ou destruction, nous exprimons cette invariabilité de substance pondérale par l'égalité

$$S + M = S + s + m + n$$

On en déduit

$$M - m = s + n$$

Or cette dernière égalité exprime que les substances alimentaires disparues se sont dédoublées en deux groupes, dont l'un est la substance cellulaire néo-formée, et l'autre constitue les produits de désassimilation.

Cela nous amène à une interprétation du phénomène de multiplication assez différente de l'interprétation ordinaire. On dit en effet constamment, et c'est presque un axiôme biologique, que la substance vivante est constamment soumise à un double courant : le courant de l'assimilation et celui de la désassimilation. C'est là une notion si fréquemment énoncée et avec tant d'autorité qu'on finit par l'accepter, même sans en avoir reçu la démonstration rigoureuse. Nous pensons qu'il y a ici une confusion, sur laquelle nous devons fournir quelques explications.

Considérons toujours le cas où il y a multiplication cellulaire, et examinons le cas typique simple où une cellule a donné naissance à une seconde cellule, exactement semblable à la première. Sans doute la formation de cette seconde cellule a été précédée de modifications qui se sont opérées dans la première, modifications qui ont été suivies dans tous leurs détails, de forme tout au moins, et dont l'ensemble constitue le phénomène de la karyokinèse. Mais, si nous nous plaçons au point de vue chimique et par conséquent purement pondéral, nous pouvons négliger ces états intermédiaires, pour ne considérer que les états initial et final.

Or, au commencement, il y avait une cellule ; à la fin, il y en a deux, identiques entre elles et à la première. Je ne vois pas dans ces conditions où et comment il y a désassimilation. Les substances de nouvelle formation proviennent, non pas de la cellule primitive qui, malgré les modifications subies, s'est reformée intégralement, mais de la masse alimentaire disparue et qui, en disparaissant, s'est en définitive dédoublée en deux parties : d'une part la cellule nouvelle, d'autre part ces produits improprement appelés produits de désassimilation, et dont la véritable signification est celle de produits qualifiés de secondaires dans une réaction chimique. C'est ce qu'exprime la seconde formule écrite plus haut.

$$M - m = s + n.$$

Certes, nous ne pouvons songer à nier le fait si général et si connu de la désassimilation ; nous l'avons regardé au contraire comme un des états cinématiques caractéristiques de la substance vivante. Nous savons très bien et nous regardons comme un fait constant que la cellule commence à désassimiler, dès que les conditions

extérieures cessent d'être favorables à l'assimilation qui en est la conséquence. L'état statique de stabilité pris comme point de départ de notre interprétation est, en fait, un état très difficilement et par suite très-rarement réalisable. Nous prétendons seulement que, là où il y a vraiment assimilation, il n'y a pas en réalité place à la désassimilation, et que, par conséquent, celle-ci ne doit pas entrer en ligne dans l'évaluation du produit formé. En un mot, l'assimilation et la désassimilation, quand elles existent toutes les deux, sont deux phénomènes se produisant, ou bien consécutivement dans le même ensemble cellulaire, ou bien simultanément dans deux ensembles cellulaires voisins ou dans deux parties voisines d'un même ensemble cellulaire.

D'ailleurs ces deux phénomènes ont à tous les points de vue des significations très opposées. Le phénomène de la désassimilation, lorsqu'il se continue, aboutit fatalement à la destruction totale de la substance cellulaire et par suite à la cessation de toute manifestation vitale. C'est donc un phénomène anormal, un véritable phénomène pathologique pour la substance qui le subit. Le phénomène de l'assimilation, au contraire, est le point de départ non-seulement de la multiplication, mais aussi de tous les autres phénomènes qui l'accompagnent. De cette multiplication dérive en effet le groupement des cellules nouvelles, et avec lui tous les détails de structure du corps ainsi formé. Ces cellules ne se groupent pas en général au hasard ; la régularité de leur formation entraîne celle de leur groupement, et nous sommes ainsi conduits au seuil d'une autre branche de la Biologie, celle qu'on peut appeler du nom général de *Géométrie biologique* ou *Promorphologie.*

Sans insister sur ce sujet qui, si important et si intéressant qu'il soit, sort du cadre dans lequel nous nous sommes pour le moment renfermés, nous ferons de plus remarquer que de l'assimilation dépendent encore non seulement les transformations, les remaniements du milieu extérieur, mais aussi toute une série d'autres phénomènes. Il y a des variations de température, des quantités de chaleur absorbées ou dégagées, des travaux produits ou consommés, c'est-à-dire tout une thermodynamique, toute une énergétique vitale. Ce sont là des faits d'une importance trop grande pour ne pas être, non seulement signalés, mais étudiés dans toute leur intimité et dans tous leurs détails.

Je ne veux pas quitter ce sujet de l'interprétation du phénomène de l'assimilation, sans parler d'un autre phénomène qui s'y rattache d'une façon très intime. J'ai dit plus haut que, lorsqu'une

masse cellulaire n'assimile pas, elle désassimile, l'état de stabilité étant un état exceptionnel. Cet état n'est pas en réalité aussi exceptionnel que je l'ai affirmé. Nous pouvons, en effet, tenir compte non-seulement de l'état de la substance vivante, mais encore de la stabilité ou de la variation du milieu environnant. L'ensemble dynamique vital est en réalité formé par la coexistence, le groupement de la cellule et de son milieu; toute réaction qui est la conséquence de cette union, de ce groupement, et qui cesse par la suppression de l'un d'eux, est alors à proprement parler, une réaction vitale. En introduisant ainsi la considération du milieu extérieur, les états de stabilité de la substance vivante se partagent en deux groupes : ceux dans lesquels le milieu reste inaltéré, et ceux dans lesquels ce milieu subit des modifications. Dans le premier cas, c'est l'inertie complète ; dans le second cas, au contraire, il y a action, mais action unilatérale. Les faits de cet ordre sont de découverte relativement récente, et cependant ils ont été déjà bien étudiés, à tel point que beaucoup d'entre eux sont connus, sinon dans tous leurs détails, car il échappe toujours quelque chose dans ces suites de transformations chimiques, du moins dans leurs plus grandes lignes.

C'est une chose remarquable, en effet, que, dans l'étude des phénomènes vitaux, l'attention soit de plus en plus amenée, non pas tant sur la substance vivante elle-même et ses modifications, que sur les variations qu'elle impose au milieu où elle se trouve plongée. Nous retrouvons ici l'analogue du principe mécanique de l'action et de la réaction, dont la formule la plus simple est la suivante :

*Quand un point matériel* A *agit sur un autre point matériel* B, *réciproquement le point* B *agit sur le point* A.

Suivant les cas, l'action ou la réaction ont, l'une ou l'autre, une importance pratique plus grande ; mais une étude complète les embrasse toutes les deux.

Il en est exactement de même en Biologie. Ce qui frappe au premier coup d'œil, ce sur quoi l'attention se porte d'abord, ce sont les modifications de toutes sortes subies par la substance vivante. Or quand on a reconnu que ces modifications ne sont pas spontanées, qu'elles sont dues à l'action du milieu, on constate inversement que ce milieu est modifié, et que ces modifications sont de telle nature qu'elles ne sauraient être négligées. D'ailleurs la cause de ces modifications n'est autre, on le constate aisément, que la substance vivante qui vit, qui prolifère plus ou moins dans ce milieu, et qui, dans certains cas, reste, chose curieuse mais indéniable, presqu'absolument inaltérée.

La substance vivante apparaît donc ici dans sa véritable signification. Elle est, dans tous les cas, un puissant modificateur du milieu extérieur qu'elle manie et remanie sans cesse, et nulle part sa puissance ne se manifeste aussi nettement que lorsqu'elle reste, en apparence au moins, immobile et stable dans ces transformations. Nous formulons ainsi, en ces quelques mots, le mode d'action de ce qu'on est convenu d'appeler les *ferments figurés*.

L'exemple le plus simple que l'on puisse donner de ces divers modes d'action de la substance vivante, est la levûre de bière. Quand, plongée dans un milieu sucré, elle a à sa disposition de l'oxygène en quantité suffisante, elle se multiplie abondamment et transforme le sucre en eau et en acide carbonique. Quand au contraire l'oxygène fait défaut, elle se multiplie fort peu ; mais en même temps le sucre se transforme en eau et en alcool. Dans ce dernier cas, celui de vie anaérobie, on dit qu'elle fonctionne en qualité de *ferment*.

A ces phénomènes de fermentation, se rattache l'étude de ces substances singulières, produites par les êtres vivants, et désignée sous le nom de *diastases* ou *ferments solubles*, qui possèdent, eux aussi, le pouvoir de transformer profondément certains milieux, tout en restant invariables en qualité et en quantité, et qui semblent être les instruments dont se sert la cellule pour opérer ses actions, lorsqu'elle agit comme ferment.

Nous ne faisons que signaler au passage ces substances qui méritent, on le voit, une étude approfondie et doivent occuper une place importante dans tout traité de Biologie rationnelle ou simplement expérimentale.

### 4° Possibilité et avantages de l'application à la Biologie de la méthode mathématique.

Ces principes posés, nous devons rechercher si les mathématiques sont applicables à la représentation des phénomènes que nous venons d'exposer.

Depuis longtemps déjà on fait des applications partielles de la méthode mathématique à l'étude d'un certain nombre de phénomènes vitaux, de ceux par exemple qui se rattachent aux phénomènes déjà connus de mouvement, de son, de lumière, etc. Nous nous proposons de montrer que cette application peut être beaucoup plus intime, qu'elle fait pour ainsi dire corps avec la méthode que nous exposons, et que, tout en étant en réalité secondaire, elle intervient pour la compléter, pour lui donner toute sa puissance

d'investigation et lui permettre, non-seulement d'interpréter les résultats obtenus, mais encore de les prévoir, de manière à seconder, à provoquer et diriger l'expérience.

Mais il est nécessaire pour cela de bien comprendre ce que peuvent faire les mathématiques, de se rendre compte du véritable rôle, qu'elles peuvent jouer, rôle qu'il ne s'agit ni d'exagérer ni de diminuer. Pour tout dire en un mot, il faut que nous ayons à notre disposition des éléments mesurables ayant entre eux des relations susceptibles d'être déterminées. L'expression analytique de ces relations permet alors d'appliquer les règles ordinaires du calcul, qui devient un instrument de raisonnement, instrument puissant, infaillible, dont l'application la plus remarquable et la plus importante consiste à prévoir les phénomènes. Avec son aide, on n'est plus sous la domination des faits ; on peut au contraire guider l'expérience, la diriger vers le but particulier qu'on se propose d'obtenir, ce qui est le point de départ des applications pratiques de la science qu'on a ainsi constituée. Quand on obtient ce résultat, on entre dans une seconde voie inverse de la voie qu'on avait suivie jusqu'alors. Dans le commencement, en effet, c'était l'expérience qui nous dominait et nous conduisait à la théorie; dans la suite, au contraire, c'est nous qui réglementons l'expérience pour la faire aboutir aux résultats que nous pouvons utiliser. En faisant ainsi, nous parcourons et fermons un cycle complet et mettons la dernière main à un édifice scientifique qui ne demande plus en général dans la suite que des perfectionnements.

Or, dans le cas présent, les éléments mesurables ne nous font pas défaut. On a trop souvent, en ce qui concerne la vie et ce qui s'y rattache, considéré les choses au point de vue de la *qualité* ; et comme celle-ci n'est pas exprimable en nombre, on ne pouvait que porter des jugements plus ou moins vagues d'appréciation. Une analyse plus profonde nous a montré que les propriétés de *qualité* sont susceptibles d'être transformées en propriétés de *quantité*, et alors la précision peut remplacer l'approximation.

En premier lieu, nous avons devant nous le *substratum* des phénomènes vitaux, la substance vivante, qui, dans le cas simple où elle est homogène en nature et de composition chimique constante, est représentée absolument par le nombre d'éléments cellulaires qui la composent et proportionnellement par son poids. Nous avons ensuite la substance nutritive, antagoniste de la précédente, représentée également par sa composition chimique au point de vue de sa nature, et par son poids au point de vue de ses variations.

Les actions et réactions de ces deux sortes de substances sont, comme nous l'avons fait voir, le point de départ de ce qu'on appelle les phénomènes vitaux, dans lesquels, indépendamment des actes d'échange qui constituent ces réactions, il y a lieu de considérer des phénomènes de mouvement, de variation de température, de chaleur dégagée ou absorbée, de travail produit ou consommé : toutes grandeurs mesurables ayant entre elles et avec les grandeurs primitives des relations dont nous avons montré l'existence et qu'on peut déterminer. C'est donc tout ce qu'il faut pour pouvoir appliquer à la biologie et, non seulement dans quelques parties accessoires, mais dans sa nature la plus intime, tous les procédés de l'analyse mathématique.

Nous allons esquisser ici cette adaptation, nous réservant de lui donner dans un ouvrage complet un plus entier développement.

Notre premier soin doit être d'exprimer analytiquement les faits de statique et de cinématique vitale.

Or, l'élément fondamental susceptible de permanence et de variation est la quantité de substance cellulaire existant à un instant donné. Nous la représentons par son poids. La stabilité, l'état statique sera alors exprimé par la relation

$$(1)\quad s = C^{te}$$

Si au contraire cette quantité varie, elle n'est pas la même aux diverses époques ; à chaque instant particulier correspond une certaine quantité de substance cellulaire, et par conséquent les valeurs de cette substance ont avec les diverses valeurs de la durée, c'est-à-dire avec le temps, des relations susceptibles d'être précisées et exprimées par la formule générale

$$(2)\quad s = F(t)$$

Cette équation est la formule fondamentale et la plus générale de la cinématique vitale.

Les divers cas particuliers qui peuvent se présenter se distinguent les uns des autres par la nature, ou, comme on dit, par la forme de la fonction F. La forme de cette fonction peut être déterminée soit d'après les données de l'expérience, soit directement *a priori*, à l'aide d'hypothèses purement arbitraires ou suggérées par des considérations théoriques ou pratiques.

Quoi qu'il en soit de la forme de cette fonction, on peut appliquer à l'équation (1) la règle de différentiation qui donne la relation différentielle suivante :

$$(3)\quad ds = F'(t)\, dt$$

Cette relation présente un très grand intérêt. Elle constitue en effet une relation infinitésimale entre les deux éléments infiniment petits *ds* et *dt*, permettant de calculer le premier en fonction du second.

Que le temps puisse varier par éléments infiniment petits, nul n'en doute ; mais y a-t-il lieu de considérer des variations infinitésimales de la substance cellulaire ? Or, qui ne connaît les états d'extrême petitesse dont la matière, quelle qu'elle soit, vivante ou non, est susceptible ? Nombreuses sont les expériences démontrant qu'elle dépasse tout ce qu'on peut imaginer. Sans doute nos sens ne peuvent apprécier que des quantités et des variations plus ou moins grossières de substance matérielle ; mais il est des cas où l'on peut donner à l'expérience des formes nous permettant de percevoir d'une façon presque visible les variations les plus faibles. Pour le montrer, je ne résiste pas au plaisir de citer une page remarquable empruntée au *Traité de Microbiologie* de M. Duclaux, dans laquelle il décrit les diverses phases du phénomène de coagulation d'une substance qui, primitivement dissoute et soumise à l'influence continue d'un agent de coagulation, s'agglomère en particules d'abord extrêmement petites, totalement invisibles en elles-mêmes, mais susceptibles de produire dans le liquide qui les tient en suspension des modifications appréciables. M. Duclaux s'exprime ainsi :

« Dans du lait qui commence à s'aigrir, mais qui est encore par-
» faitement liquide, le microscope montre, comme je l'ai signalé,
» un fin précipité granuleux, presque insaisissable à ses débuts,
» ne se traduisant que par l'aspect finement chagriné du champ de
» la vision, mais aboutissant à des granulations très visibles, ani-
» mées du mouvement brownien absolument comme pour l'argile.
» Faut-il admettre que le phénomène de coagulation de la caséine
» change brusquement de nature, au moment où nous commençons
» à l'apercevoir, et à juger de la façon dont il se produit? A partir de
» ce moment, il se traduit à nos yeux par des phénomènes de con-
» densation moléculaire de plus en plus copieuse. Il ressemble
» alors à de l'argile qui s'agglomère et se dépose. Faut-il croire
» qu'il a une autre essence avant le moment où il devient possible
» à étudier au microscope? Ce caractère de visibilité lui est exté-
» rieur ; il ne dépend que de nous et de l'habileté de nos construc-
» teurs. Il n'a donc aucune importance dans l'espèce. Dès lors,
» nous voilà conduits à penser que cette condensation régulière qui
» donne naissance à la coagulation dans toute la région abordable

» pour l'œil, commence déjà avant que le microscope nous en ait
» averti ; mais si légitime que soit cette induction, elle resterait un
» peu *en l'air*, si nous ne pouvions la justifier par l'expérience.

» Cette expérience est subordonnée à la découverte d'un moyen
» qui nous permette de *voir* les molécules à un degré de grandeur
» auxquelles elles sont encore absolument invisibles au micros-
» cope, qui ne montre nettement que des objets dont la grandeur
» approche de un demi-millième de millimètre. Quand on en voit
» de plus petits, par exemple les cils de certaines bactéries, c'est à
» cause des phénomènes de diffraction auxquels ils donnent nais-
» sance. Quand ces objets, placés au-dessous de la limite de vision
» distincte au microscope, sont rangés régulièrement, les phéno-
» mènes de diffraction se transforment en phénomènes de réseaux
» et la visibilité de la nacre résulte des jeux de la lumière. C'est
» ainsi qu'avec une structure en apparence très homogène, la
» nacre de perle peut manifester ses irisations caractéristiques.
» Dans cet ordre d'idée, nous devons à M. Morren qui l'a découvert,
» puis à M. Tyndall qui en a montré la délicatesse, un moyen de
» scruter la structure de la matière, à un moment où ses éléments
» sont encore loin d'être saisissables au microscope. C'est ce que
» nous avons déjà étudié dans le courant de cet ouvrage sous le
» nom de *réaction de Tyndall*, mais sans en scruter suffisamment
» les conditions et le mécanisme.

» *Réaction de Tyndall.* — Introduisons avec M. Tyndall, dans un
» tube horizontal que peut traverser un jet puissant de lumière,
» un liquide décomposable par cet agent, par exemple du nitrite
» d'amyle ou de l'iodure d'allyle mélangés avec une trace d'acide
» chlorhydrique. *Pendant quelque temps*, dit M. Tyndall, *on ne*
» *voit rien. L'action chimique progresse sans doute, la condensation suit*
» *sa marche ; mais ses molécules ne sont pas réunies en particules assez*
» *larges pour réfléchir sensiblement les ondes lumineuses. La dimen-*
» *sion de ces particules ne pourrait sans doute être exprimée qu'en*
» *millionième de pouce* (*en quarantième de millimètre*), *et pour former*
» *chacune d'elles, il a sans doute fallu des multitudes de molécules.*
» *Aidée par ces considérations, la vision intellectuelle plonge plus pro-*
» *fondément dans la nature atomique et nous montre, entre autres*
» *choses, combien nous sommes loin de voir se réaliser les espérances*
» *de Newton, qu'un jour viendrait où on pourrait voir les molécules*
» *au microscope. Pendant que je parle, vous voyez une délicate couleur*
» *bleue apparaître et augmenter dans le tube. Aucun bleu de ciel ne la*
» *dépasse en richesse et en pureté, et les particules qui la produisent*

» *sont encore très au-dessous de la zone d'action du microscope... Ce* » *bleu est à l'origne, aussi profond et aussi noir que le ciel vu des plus* » *hauts sommets des Alpes*; *mais il devient de plus en plus brillant,* » *tout en restant bleu, jusqu'à ce qu'enfin une teinte blanchâtre se* » *mélange au pur azur.*

» A ce moment, les particules approchent du degré de grandeur » qui va les rendre visibles au microscope. Elles sont formées, dans » l'expérience qui précède, de l'agrégation des molécules de nitrite » d'amyle ou de l'iodure d'allyle dissociées par l'action lumineuse, » mais le phénomène est le même toutes les fois que pour une » raison quelconque, physique ou chimique, des molécules s'agglo- » mèrent de façon à donner des particules de grandeur croissante. » Il n'est, par exemple, pas rare de voir, dans les pays de mon- » tagnes, un nuage commencer par une irisation multicolore qui » embrasse une portion d'abord peu étendue du ciel, et qui corres- » pond au mélange confus d'un grand nombre de particules » aqueuses, d'abord individuellement invisibles, qui grossissent de » plus en plus, de façon à pouvoir être aperçues au microscope » d'abord, à l'œil ensuite. Alors toute irisation a disparu, sauf par- » fois sur les bords, et le nuage, réfléchissant indifféremment toutes » les radiations lumineuses qui tombent sur lui, est opaque par » transparence. »

M. Duclaux cite encore d'autres exemples de coagulation, dans lesquelles la condensation se fait progressivement en donnant naissance à des particules extrêmement ténues d'abord, absolument invisibles, mais produisant des phénomènes perceptibles, permettant de constater, sans le voir, le fait de l'agglomération moléculaire. Et il ajoute :

« Nous avons donc ainsi reculé les limites de la région dans » laquelle nous pouvons étudier le mécanisme du phénomène, et » partout, depuis la première apparition du trouble bleuâtre » jusqu'au moment de la formation de masses visibles à l'œil nu, » nous nous trouvons en présence du même fait, d'une coalescence » de molécules formant d'abord des particules, puis des agrégats » volumineux, finalement des flocons ayant figure et étendue. A » aucun moment, nous ne trouvons de raison notable pour supposer » que le phénomène change de nature; à aucun moment nous ne » voyons intervenir une force nouvelle qui n'aurait pas agi jusque- » là. Tout le procès de la coagulation obéit, en apparence, d'une » façon parfaite à la loi de la continuité » (1).

C'est ce caractère de continuité que M. Duclaux a si bien réussi à

1) Duclaux. Traité de Microbiologie, t. II, ch. XV, pages 257-260.

mettre en évidence dans les lignes précédentes. Le phénomène physique, qui vient d'être si parfaitement étudié, nous montre, on peut bien le dire, les infiniment petits en action, et l'on conçoit sans peine que la méthode infinitésimale devienne ici applicable dans toute la rigueur.

Or, ne pressent-on pas, par une généralisation facile, que la même loi de continuité s'applique dans le cas particulier qui nous occupe de la formation de la substance vivante ? On n'a peut-être pas encore des moyens aussi sensibles pour constater ou, d'après la forme de langage de M. Duclaux, pour *comprendre*, pour *voir en pensée*, les plus faibles particules de cette substance, sitôt qu'elle prend naissance, et les phénomènes pourtant si délicats de la karyokinèse ne se manifestent probablement qu'au moment où elle revêt des formes visibles, exactement comme la coloration blanchâtre du nuage avec ses flocons légers ou plutôt son granulé si fini, d'aspect finement *chagriné*, correspond au commencement de visibilité des particules précipitées.

J'ai insisté un peu longuement peut-être, mais intentionnellement, sur ces états d'extrême ténuité de la matière vivante, pour justifier l'équation différentielle (3) précédemment obtenue :

$$(3)\ ds = F'(t)\ dt,$$

et avec elle l'application au sujet qui nous occupe, de la méthode infinitésimale, c'est à-dire de ce qu'on a si justement appelé la partie intime des mathématiques. Cette équation nous permet en effet de saisir et de suivre dans toute sa continuité le phénomène de la création cellulaire.

Elle nous fait connaître en effet et comprendre, mieux que toutes les expériences les plus précises et les plus ingénieuses, les quantités les plus minimes de substance vivante susceptibles de se former. Elle nous donne ce qu'on peut appeler l'*ultima ratio* du phénomène ; elle nous fait saisir en un mot dans toute sa continuité l'acte nutritif que nous nous proposons de connaître.

Bien plus, elle nous permet de renverser la marche de notre étude. En effet, au lieu de déduire l'équation

$$(3)\ ds = F'(t)\ dt$$

de l'équation

$$(2)\ s = F(t)$$

on pourrait exprimer d'abord la valeur de $ds$ sous la forme

$$(4)\ ds = f(t)\ dt,$$

c'est-à-dire supposer connu le mode de formation de l'élément

cellulaire infinitésimal, et alors le procédé d'intégration, qui est l'inverse du procédé de différentiation, nous donne la somme de tous les éléments infinitésimaux produits pendant un intervalle de temps déterminé, c'est-à-dire la quantité totale $s$ de substance cellulaire formée pendant cet intervalle. La formule de calcul qui donne cette valeur est la suivante :

$$(5)\quad s = \int_{t_0}^{t} f(t)\,dt.$$

La différentielle $ds$ doit encore être considérée à un autre point de vue. Elle a en effet un certain signe qu'il est facile d'interpréter :

1° Si elle est positive, cela signifie que la quantité de substance cellulaire augmente ; et, par conséquent, nous nous trouvons dans le cas de l'accroissement, de la multiplication cellulaire, c'est-à-dire de ce que nous avons appelé l'*assimilation*.

2° Si la différentielle $ds$ est négative, nous sommes au contraire dans le cas de la diminution de substance, c'est à-dire dans le cas pathologique de *la désassimilation*.

3° Enfin, si la différentielle $ds$ est nulle, il n'y a ni augmentation ni diminution. C'est le cas de *stabilité*, qui correspond soit à l'état statique proprement dit, soit à cet autre état signalé plus haut, où la matière vivante reste intacte tout en agissant sur le milieu extérieur, et où elle joue le rôle de *ferment*.

On peut pousser plus loin encore l'analyse du phénomène vital ou nutritif. Il ne suffit pas en effet, pour être complètement renseigné sur la nature, sur la *qualité* de cet acte, de l'évaluer en *quantité absolue* par la différentielle $ds$ ou, ce qui revient au même, par valeur de la dérivée $\frac{ds}{dt}$ à laquelle on peut donner le nom de *vitesse nutritive*, et qui exprime très exactement la rapidité plus ou moins grande de variation de substance. Cette différentielle se rapporte en effet à une masse $s$ de substance cellulaire déjà existante. Or, suivant que pour une même valeur de $ds$, la valeur de la masse totale $s$ qui subit cette augmentation est faible ou forte, l'accroissement absolu n'a plus la même signification. Pour bien apprécier l'acte nutritif en lui-même, dans sa qualité intime, il faut connaître non seulement cet accroissement $ds$ d'une quantité $s$ de substance cellulaire qui peut être très variable, mais encore l'accroissement pendant le même temps $dt$ d'une quantité toujours la même, qu'il est naturel de supposer égale à l'unité.

Dans ces conditions, ce qu'il faut évaluer, c'est le rapport $\frac{ds}{s}$

Nous donnerons à ce rapport le nom de *coefficient nutritif*, et c'est la valeur de ce rapport qui nous fournira la plus complète appréciation du phénomène nutritif.

Pour abréger l'écriture, nous poserons :

$$(6) \quad \frac{ds}{s} = d\sigma,$$

et alors des relations (2) et (3), nous tirons :

$$(7) \quad d\sigma = \frac{F'(t)\,dt}{F(t)}$$

Or, le coefficient nutritif ainsi obtenu est, comme le montre cette dernière formule, fonction du temps. Il est donc en général variable, et par conséquent il est, suivant les cas, susceptible d'augmentation ou de diminution, à moins que dans certains cas il ne conserve la même valeur pendant un temps plus ou moins long. Nous nous trouvons donc à l'aide de cette analyse, en possession d'un élément nouveau, le coefficient nutritif, tel que nous venons de le définir. Bien que cet élément, tout en correspondant à une réalité, soit en lui-même le produit d'une abstraction, il n'en a pas moins pour nous, au point de vue de l'interprétation que nous cherchons à établir, une importance capitale. En le prenant pour base de cette interprétation, nous pouvons l'envisager sous deux états : l'état statique et l'état cinématique.

Dans l'état statique, c'est-à-dire quand il conserve, du moins pendant un certain temps, la même valeur, l'acte nutritif conserve aussi la même qualité. On peut dire alors que la nutrition est *uniforme*.

Dans l'état cinématique, au contraire, c'est-à-dire quand cet élément varie avec le temps, la qualité de l'acte nutritif change également. S'il augmente, la nutrition devient plus active ; elle *s'accélère;* s'il diminue, la nutrition devient plus languissante, elle se *ralentit*.

Or, les variations du coefficient nutritif sont liées à la valeur de la différentielle seconde $d^2\sigma$ ou ce qui est la même chose de la dérivée $\frac{d^2\sigma}{dt^2}$. Suivant que cette dérivée est positive ou négative, le coefficient nutritif $d\sigma$ augmente ou diminue et par conséquent la nutrition est accélérée ou retardée. Quand cette dérivée est nulle, le coefficient reste stationnaire et avec lui la nutrition. Cet état de stabilité peut persister pendant un temps plus ou moins long ; il peut au contraire ne durer que pendant un temps infiniment court, et alors

le coefficient nutritif peut, suivant les cas, passer par un maximum, un minimum ou par un simple état de stabilité passagère sans maximum ni minimum, correspondant à ce qu'on appelle dans une courbe un point d'inflexion proprement dit.

Nous voyons ainsi que l'analyse mathématique peut pénétrer dans l'intimité du phénomène nutritif en donnant une définition et une mesure précises de ces états de nutrition ralentie dont le professeur Bouchard a introduit la notion dans la pathologie humaine, et qu'il a si magistralement étudiés. Le calcul ne pourra que prêter à cette étude l'appui de son incontestable puissance d'investigation et de raisonnement, et lui fournir des résultats pratiques d'une grande importance.

En résumé à un acte nutritif se rattachent les quatre quantités parfaitement mesurables

$$s, \quad \frac{ds}{dt}, \quad d\sigma, \quad \frac{d^2\sigma}{dt^2},$$

ayant chacune leur signification propre, et de plus intimement liées entre elles et au temps $t$, de telle façon que la connaissance de l'une entraîne celle des autres. Le problème de la nutrition peut ainsi être abordé en partant de l'une quelconque d'entre elles, dont on cherchera à déterminer la valeur en fonction du temps, soit d'après des données expérimentales, soit même à l'aide de simples hypothèses. Les règles ordinaires de calcul fourniront alors les valeurs des autres quantités inconnues ; et, ces calculs faits, on pourra continuer en cherchant tous les autres éléments de nature si diverse qui se rattachent au phénomène fondamental de la nutrition.

Nous entrons dès lors en pleine dynamique vitale, étude dont le champ est absolument illimité et dont les résultats ne peuvent être que d'une importance et d'une utilité toujours plus grandes. Nous ne pouvons songer ici à développer une telle étude qui fera l'objet d'un ouvrage très-étendu ; nous ne pouvons que traiter assez sommairement quelques questions se rattachant très directement à ce que nous venons dire.

---

## III

## RÉSOLUTION DE QUELQUES PROBLÈMES BIOLOGIQUES

### 1° Problèmes de cinématique vitale.

#### 1er Exemple

*Supposons que les conditions extérieures de milieu d'où dépend l'activité du phénomène nutritif restent constamment les mêmes, et que, de plus, la substance cellulaire elle-même conserve constamment les mêmes relations de position avec ce milieu.*

Dans ces conditions, l'expérience et le raisonnement nous montrent que la nutrition s'opère constamment dans les mêmes conditions. Ce fait se traduit analytiquement par la constance du coefficient nutritif. On a ainsi, en désignant par $k$ la valeur constante du coefficient nutritif, la relation fondamentale :

$$d\sigma = k,$$

ou

$$\frac{ds}{s} = kdt.$$

On tire de là par intégration, et en désignant par $s_o$ la valeur initiale de la substance nutritive

$$log \frac{s}{s_o} = kt,$$

d'où

$$(8) \quad s = s_o e^{kt},$$

Telle est la formule établissant la relation entre le temps et la valeur de substance cellulaire qui lui correspond. Cette relation permet de calculer la quantité de substance vivante existant à un instant quelconque, et par conséquent de se rendre compte des variations qu'elle subit quand le temps varie également. Elle fait connaître en un mot l'état cinématique de la substance cellulaire.

Ces variations sont représentées d'une manière sensible par la courbe qu'on rattache à l'équation (8), où l'on considère $s$ et $t$ comme variables. Cette courbe très connue est la logarithmique figurée ci-contre (fig. 1).

Dans ce cas particulier d'évolution de la substance cellulaire, on peut dire avec juste raison que la nutrition est *uniforme* et, d'après ce qui précède, on peut dire que la nutrition uniforme est caractérisée par les faits suivants :

1° *Le coefficient nutritif est constant ;*

2° *L'accélération nutritive est nulle ;*

3° *La vitesse de l'accroissement cellulaire est proportionnelle à la masse cellulaire déjà formée ;*

4° *La substance cellulaire est fonction exponentielle du temps.*

Tous ces faits sont liés les uns aux autres, et l'un d'eux suffit pour caractériser la nutrition uniforme.

Au point de vue théorique, ce cas est fondamental ; il constitue un type simple auquel on peut rattacher tous les autres, exactement comme, en Mécanique, on rattache au mouvement uniforme tous autres mouvements. On peut prévoir par là que les courbes qui traduiront les autres modes de nutrition auront des relations plus ou moins intimes avec la logarithmique.

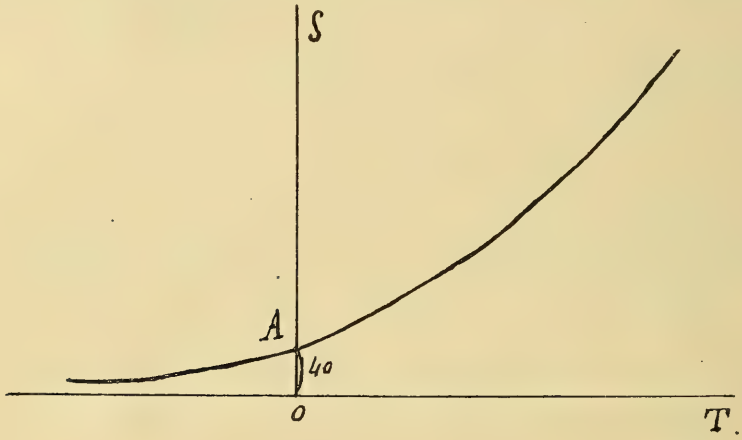



Fig. 1

Je ferai remarquer que, si le coefficient constant $k$ qu'on peut appeler le *coefficient d'absorption*, a une faible valeur, ou encore si on donne au temps $t$ des valeurs assez petites, on peut, dans le développement en série de $e^{kt}$, ne conserver que les puissances inférieures de l'exposant $kt$. On a alors, en s'arrêtant à la première ou à la deuxième puissance, les formules approchées suivantes :

$$s = s_0 \ (1 + kt)$$

$$s = s_0 \ (1 + kt + \frac{k^2t^2}{2})$$

Dans le premier cas, la ligne des variations de $s$ est une droite : dans le second cas, elle est une parabole.

Il reste à examiner si le cas ainsi étudié correspond à une réalite pratique. Si l'on considère les choses à un point de vue absolument rigoureux, on peut dire évidemment qu'il ne se présente jamais. Néanmoins, en restant dans les limites d'approximation que peuvent fournir les mesures expérimentales, il est possible de la considérer comme susceptible de se réaliser au moins pendant un certain temps. Quand on fait, par exemple, des cultures microbiennes, avec un faible ensemencement dans un milieu nutritif assez riche, l'état du milieu change peu et les relations du microbe avec le milieu restent sensiblement les mêmes pendant un certain temps. Dans ces conditions, l'accroissement suivant la forme exponentielle peut se réaliser, ainsi qu'on l'a maintes fois constaté. Toutefois cet accroissement très rapide, et qui donnerait, même au bout de peu de temps, naissance à un nombre considérable d'éléments microbiens, ne peut se prolonger longtemps.

Je citerai encore, comme se rattachant à la question que je viens d'étudier, les cas dans lesquels la courbe de variation de la substance cellulaire, courbe tracée expérimentalement, est une parabole, ainsi que M. Duclaux le montre dans son traité de Microbiologie où ces phénomènes de développement sont étudiés dans le plus grand détail et avec la plus remarquable précision.

### 2e Exemple

*Supposons que la substance cellulaire formée dans un procès nutritif se dispose de telle façon que la masse vivante ne soit en contact avec la masse alimentaire que par sa surface, et que dans son développement la forme du volume qu'elle affecte reste toujours semblable à elle-même.*

Dans ces conditions et, toutes choses égales d'ailleurs, l'accroissement infiniment petit est naturellement, d'après nos hypothèses, proportionnel à la surface d'absorption, c'est-à-dire au carré d'un élément linéaire $l$. On a donc la relation

$$(9)\quad ds = kl^2dt.$$

D'autre part la masse cellulaire $s$, qui est proportionnelle au volume qu'elle occupe, est proportionnelle au cube de cet élément $l$. en sorte qu'on a

$$s = k'l^3.$$

On déduit de là par différentiation

$$ds = 3k'l^2dl.$$

En remplaçant $ds$ par cette valeur dans la relation (9), il vient

$$3\,k'\,dl = k\,dt,$$

d'où

$$dl = \frac{k}{3k'}\,dt,$$

et par intégration

$$(10)\quad l - l_0 = \frac{k}{3\,k'}\,(t - t_0)$$

On voit ainsi que, dans le cas examiné, *les variations de l'élément linéaire sont proportionnelles aux variations du temps.*

Je cite cet exemple parce qu'il a une réalisation pratique assez intéressante. En effet, dans les plantes ligneuses, les vaisseaux nourriciers cheminent entre l'écorce et le bois, et par conséquent à la surface de celui-ci. La nutrition se fait donc dans les conditions qui viennent d'être mentionnées. Or, on sait précisément que, chaque année, une nouvelle couche de bois se superpose aux précédentes, en sorte que celui-ci est formé de couches concentriques dont les plus jeunes sont les plus extérieures. D'ailleurs, sauf variations dues à des circonstances particulières, ces couches annuelles ont toutes sensiblement la même épaisseur. Le résultat pratique concorde ainsi avec le résultat théorique.

Nous pouvons donc dire à la fois : 1° *que nous venons de donner la raison d'un fait depuis longtemps constaté*; 2° *que nous venons de fournir la justification pratique d'une hypothèse et d'un raisonnement basé sur cette hypothèse.*

### 2° Problèmes de dynamique vitale.

Nous devons maintenant aborder par le calcul le côté dynamique de la question. En raison de l'importance et de l'étendue du sujet, qui comprend la plupart des manifestations vitales et tous les phénomènes connexes, nous ne pouvons entrer ici dans les développements que nous nous réservons de faire par la suite. Nous ne pouvons, à proprement parler, que traiter quelques cas particuliers pour mettre en évidence les avantages de la méthode.

Le principe fondamental de la dynamique vitale réside, avons-nous dit, dans les relations d'échange qui existent ou peuvent exister entre la cellule et le milieu environnant.

Ces relations d'échange peuvent être étudiées à bien des points de vue. Nous nous contenterons ici, pour mettre de l'homogénéité dans notre travail, de remarquer que, par son contact avec la substance vivante, l'aliment subit des variations en qualité ou en quantité. Les variations en qualité consistent, ainsi que nous l'avons dit, à

donner naissance par une série de transformations à une nouvelle quantité de substance cellulaire et à des produits secondaires appelés improprement produits de désassimilation. Les variations en quantité consistent en ce que ces transformations font disparaître une certaine quantité d'aliments.

La diminution de la provision alimentaire est un phénomène d'une importance capitale ; car, en dehors de toutes les autres conditions qui peuvent présider à une réaction vitale, le seul fait de la disparition totale ou partielle de l'un des éléments de cette réaction la modifie d'une façon complète et des plus importantes.

Un des premiers problèmes de la dynamique vitale consiste donc à étudier cette diminution de la substance alimentaire en elle-même et dans ses conséquences. C'est ce qu'on peut appeler la question du *bilan nutritif*. Sans entrer dans les détails de la question, nous nous contenterons d'appliquer l'analyse à la résolution de deux problèmes particuliers, dont l'un peut être appelé problème de *l'inanition*, et l'autre, problème de *l'auto-intoxication*.

### Problème de l'inanition

La question à traiter peut s'énoncer de la manière suivante :

*Étudier l'évolution d'une espèce cellulaire unique dans un milieu où les substances nutritives ne sont pas renouvelées, les produits d'excrétion étant éliminés.*

Désignons par $s$ la quantité de substance cellulaire existant à un instant donné, par $m$ la quantité de substance nutritive contenue dans le milieu au même moment. Pour trouver la valeur de l'accroissement infiniment petit $ds$ pendant l'intervalle de temps $dt$, nous ferons observer qu'une étude approfondie des conditions de la nutrition nous conduit à admettre que, dans un très grand nombre de cas et dans des conditions déterminées et fixes, l'accroissement est proportionnel à la fois à la quantité $s$ de substance vivante déjà formée, et à la quantité $m$ de substances alimentaires existant en même temps. Dans ces conditions, la valeur de $ds$ peut s'écrire :

$$ds = k\,m\,s\,dt,$$

la lettre $k$ désignant une constante dont la valeur dépend des conditions extérieures autres que $m$ et $s$. Cette constante représente l'augmentation, pendant l'unité de temps, de l'unité de poids de substance nutritive. Pour cette raison on peut donner à cette constante le nom de *coefficient d'absorption*.

Comme l'équation précédente contient les trois variables $s$, $m$ et $t$,

il faut, pour déterminer le problème, lui joindre une seconde équation. Nous rappellerons à cet effet, que la substance nutritive contenue dans le milieu diminue par le fait de son absorption ; et comme ce second phénomène est corrélatif du premier, il se produit exactement dans les mêmes conditions, suivant les mêmes circonstances de proportionnalité, en sorte que la valeur de $dm$ est fournie par la relation :

$$dm = -k'ms\,dt$$

la lettre $k'$ désignant une nouvelle constante que nous appellerons le *coefficient de destruction* ou *de déperdition.*

Nous avons ainsi les deux équations différentielles simultanées.

$$\begin{cases} (11) & ds = kmsdt \\ (12) & dm = -k'msdt \end{cases}$$

Avant de les résoudre, nous ferons observer que les deux coefficients $k$ et $k'$ ne sont jamais égaux, $k$ étant toujours plus petit que $k'$. En effet, la substance nutritive disparue $dm$ ne sert jamais tout entière à fournir la substance cellulaire nouvelle $ds$; une partie de la quantité $dm$ se retrouve dans les substances d'excrétion qui ne font jamais défaut. On a donc toujours $k < k'$.

Des équations (1) et (2), on tire par divisions

$$\frac{ds}{dm} = -\frac{k}{k'},$$

d'où par intégration et en désignant par $s_o$ et $m_o$ les quantités initiales de substance cellulaire et de substance nutritive

$$(13) \quad \frac{s - s_o}{m_o - m} = \frac{k}{k'}$$

Nous sommes ainsi conduits à un premier résultat qui se formule de la manière suivante :

*Dans les conditions d'alimentation supposées, le rapport du poids de la substance cellulaire formée au poids de la substance nutritive détruite est constant et inférieur à l'unité.*

Pour continuer le calcul, nous remarquons qu'on peut résoudre les équations précédentes soit par rapport à $s$, soit par rapport à $m$, suivant qu'on veut trouver l'expression de la variation de l'une ou l'autre de ces deux quantités.

En commençant par le calcul de $s$, nous devrons éliminer $m$ entre les équations (11) et (12), ce qui nous donne

$$(14) \quad s\frac{d^2 s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} + k's^2\frac{ds}{dt} = o$$

Cette équation différentielle du second ordre, non linéaire, appartient à une catégorie d'équations intégrables. Cette intégration se fait généralement par changement de variables. Or il est intéressant d'observer ici que des considérations purement biologiques peuvent suggérer un changement particulier de variables d'où découle une intégration rapide.

Nous avons en effet défini le coefficient nutritif $d\sigma$ par la relation

$$d\sigma = \frac{ds}{s},$$

ou

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{1}{s}\frac{ds}{dt}.$$

On tire de là par différentiation

$$\frac{d^2\sigma}{dt^2} = \frac{s\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2}}{s^2}.$$

Or l'équation (14) peut s'écrire

$$\frac{s\frac{d^2s}{dt} - \frac{ds^2}{dt^2}}{s^2} + k'\frac{ds}{dt} = o.$$

La comparaison de ces deux résultats nous donne

$$(15)\quad \frac{d^2\sigma}{dt^2} + k'\frac{ds}{dt} = o.$$

équation immédiatement intégrable d'où l'on tire

$$(16)\quad \frac{d\sigma}{dt} + k's = C,$$

c'est-à-dire

$$(17)\quad \frac{ds}{sdt} + k's = C$$

Nous désignons par $C$ une constante arbitraire que nous pouvons déterminer par les conditions initiales. En donnant à $s$ la valeur $s_o$ et en tenant compte de l'équation (2), on trouve

$$C = km_o + k's_o$$

Pour abréger l'écriture, nous continuerons à désigner cette constante par $C$.

Dans l'équation obtenue (17), on peut séparer les variables, ce qui

donne

$$\frac{ds}{k's^2 - Cs} + dt = o,$$

et alors par une nouvelle intégration on a

$$log \frac{s}{C - k's} = Ct + c$$

On détermine encore la nouvelle constante $C'$ par les conditions initiales, et toutes transformations faites on trouve pour $s$ l'expression suivante

$$(18) \quad s = \frac{Cs_0e^{Ct}}{km_0 + k's_0e^{Ct}}$$

Telle est la formule qui fait connaître les variations de $s$ en fonction du temps $t$ et permet de calculer la quantité de cette substance à un instant quelconque.

*Courbe des variations de s.* — Pour se rendre compte de ces variations d'une façon sensible, il est avantageux d'en construire la courbe représentative.

Nous remarquons d'abord que cette courbe admet deux asymptotes parallèles à l'axe des $t$ : l'une $s_1 = o$, qui est l'axe des t lui-même, correspondant à $t = \infty$ ; l'autre :

$$(19) \quad s_2 = \frac{C}{k'}$$

correspondant à $t = + \infty$. La courbe est par conséquent tout entière comprise entre ces deux parallèles ; néanmoins la seule portion de celle-ci, qui s'applique réellement aux phénomènes étudiés, est celle correspondant aux valeurs positives de $t$, à partir des $t = o$, pour laquelle on $s = s_0$. Il en résulte que la valeur de $s$ est toujours comprise entre $s_0$ et la valeur limite $s_2$ précédemment écrite. Quant à la quantité de substance cellulaire formée pendant le temps $t$, elle est égale à $s - s_0$, valeur aisément calculable. Enfin le quantité limite de susbstance cellulaire susceptible d'être formée pendant toute la durée du phénomène, elle est égale à $s_2 - s_0$, et l'on a, tous calculs faits :

$$(20) \quad s_2 - s_0 = \frac{km_0}{k'}$$

Pour achever la constructiou de la courbe, nous chercherons les variations du coefficient angulaire de la tangente en ses différents points. La valeur de ce coefficient angulaire nous est fournie dans le

cours du calcul par la formule :

$$\frac{ds}{dt} = s\,(C - ks')$$

Cette valeur de $\frac{ds}{dt}$, regardée comme fonction de $s$, varie comme les ordonnées d'une parabole dont on représenterait par $s$ les abscisses de ses différents points. Cette parabole coupe l'axe des $s$ précisément aux points $s = s_2$, $s = \frac{C}{k'}$ qui correspondent aux asymptotes de la courbe ; et par conséquent la seule partie à considérer dans cette parabole est l'arc compris entre ces deux points de rencontre. Par conséquent, la valeur de $\frac{ds}{dt}$ est positive dans tout cet intervalle, nulle pour les valeurs extrêmes, croissante depuis $s = o$ jusqu'à $s = \frac{s_2}{2}$, et décroissante depuis cette valeur jusqu'à $s = s_2$. Ce coefficient angulaire présente donc un maximum pour $s = \frac{s_2}{2}$, et par suite la courbe des valeurs de $s$ possède un point d'inflexion correspondant à cette même valeur, c'est-à-dire exactement à mi-hauteur entre les deux asymptotes.

La forme générale de la courbe est celle de la figure (2).

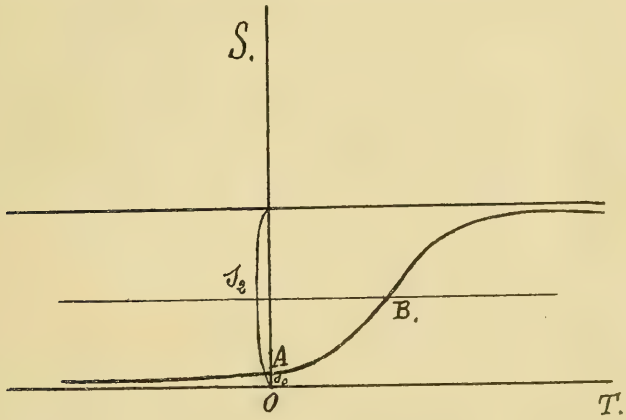



Fig. 2.

Cette courbe n'est pas une courbe classique ; néanmoins si l'on déplace les axes parallèlement à eux-mêmes de façon à transporter l'origine au point d'inflexion B, on constate que l'équation

de la courbe se présente sous la forme nouvelle

$$(21) \quad s = \frac{C}{2\,k'} \cdot \frac{e^{Ct} - 1}{e^{Ct} + 1}$$

forme beaucoup plus simple que la première, à l'aide de laquelle on constate aisément que la nouvelle origine, c'est-à-dire le point d'inflexion B, est centre de la courbe. Celle-ci est donc composée de deux branches se raccordant au point B et symétriques par rapport à ce point. La représentation géométrique du phénomène est donc aussi complète et aussi simple que possible.

Pour achever de se rendre compte de toutes les circonstances de l'acte nutritif, il faut calculer en fonction du temps les valeurs du coefficient nutritif et de l'accélération nutritive. Ces valeurs sont fournies par les équations (6) et (5) dont lesquelles on remplace $s$ et $\frac{dt}{ds}$ par les valeurs déjà obtenues. Sans effectuer ce calcul, nous ferons seulement observer que l'équation différentielle (5), qui est l'équation fondamentale du problème, exprime précisément une propriété de l'accélération nutritive. Cela fait ressortir nettement sa signification et montre que notre analyse pénètre dans l'intimité la plus profonde du phénomène à étudier.

Le calcul qui vient d'être fait ne met en évidence que les variations de substance cellulaire, c'est-à-dire les variations d'un seul des éléments qui sont en présence et réagissent l'un sur l'autre. Dans le cas présent, il est intéressant de chercher également les variations de la substance nutritive, car elles sont la caractéristique fondamentale de la question que nous étudions sous le nom de problème de l'inanition. Le moyen le plus simple de les calculer consiste à exprimer $m$ en fonction de $s$ à l'aide de l'équation (13)

$$(13) \quad \frac{s - s_0}{m_0 - m} = \frac{k}{k'}$$

précédemment obtenue.

Sans développer ce calcul, nous en ferons connaître simplement le résultat, qui consiste à traduire par une courbe les variations de $m$. Cette courbe est de tous points semblable à celle qui représente les variations de $s$, avec la seule différence que c'est une courbe descendante au lieu d'être une courbe montante. Comme celle-ci, elle présente deux asymptotes et un point d'inflexion situé à égale distance de ces deux asymptotes.

Il nous reste enfin à traduire en langage ordinaire les principaux résultats obtenus, de façon à mettre en évidence sous une forme

intelligible pour tout le monde les circonstances fondamentales du phénomène de l'inanition ainsi analysé. Pour cela, nous ajouterons à toutes les remarques précédentes cette autre constatation que, d'après la forme même des courbes qui viennent d'être construites, c'est dans le voisinage des points d'inflexion que les variations de $s$ et de $m$ sont les plus sensibles et les plus éloignées d'être proportionnelles aux variations du temps. A une certaine distance de ces points, ces variations sont beaucoup plus faibles et par suite moins sensibles ; en outre, la forme de la courbe se rapprochant davantage à celle de la droite, la loi de proportionnalité se trouve à peu près vérifiée. Enfin, à partir d'une certaine valeur du temps, les variations de $m$ et de $s$ deviennent tellement faibles qu'elles cessent d'être observables, et que le phénomène, bien que se continuant théoriquement sans s'arrêter jamais, peut être regardé pratiquement comme ayant pris fin.

Nous pouvons d'après cela *formuler à priori* les propositions suivantes concernant le phénomène de l'inanition, dans les conditions où nous le supposons s'effectuer.

1° *Le rapport du poids de la substance cellulaire formée pendant un certain temps au poids de la substance nutritive détruite pendant le même temps est constant et inférieur à l'unité ;*

2° *Les variations de substance cellulaire et de substance nutritive peuvent être assez rapides ; mais cette rapidité de variation ne se maintient que pendant un intervalle de temps généralement de faible durée.*

3° *A partir d'un certain instant et pendant un temps assez long les variations de substance cellulaire et de substance nutritive deviennent beaucoup plus lentes et restent sensiblement uniformes ;*

4° *Ces variations se ralentissent ensuite tellement, qu'elles cessent d'être observables, bien qu'en réalité elles se continuent indéfiniment ;*

5° *La quantité de substance cellulaire formée ne dépasse jamais une certaine limite dont elle peut, d'ailleurs, se rapprocher d'autant qu'on veut. Quant à la substance nutritive, elle diminue constamment et tend vers zéro ;*

6° *La quantité limite de substance cellulaire susceptible de se former ne dépend pas de la quantité initiale de cette substance, mais uniquement de la provision nutritive à laquelle elle est proportionnelle.*

L'étude que nous venons de faire ne peut avoir de raison d'être que si les résultats que nous venons de formuler sont susceptibles d'être réalisés. Il est donc de toute nécessité de chercher leur réalisation dans des faits expérimentaux.

Avant de procéder à cette vérification, nous allons encore soumettre au calcul la question suivante qui présente dans la précédente des relations nombreuses.

### Problème de l'auto-intoxication.

Nous énoncerons comme il suit cette seconde question :

*Etudier l'évolution d'une espèce cellulaire unique dans un milieu limité où s'accumulent les produits de désassimilation.*

Les faits expérimentaux qui conduisent à formuler cet énoncé sont extrêmement nombreux. Ils peuvent tous être réunis dans la proposition suivante qui est l'expression d'un fait constant, extrêmement général : *Toute réaction nutritive est limitée par les produits secondaires de la nutrition*, c'est-à-dire par ce que nous avons appelé plus haut les produits de désassimilation ou encore d'excrétion. C'est ce qu'on exprime en disant que la substance vivante est *empoisonnée* par ces produits ; et, comme ceux-ci ont leur origine dans l'acte nutritif le plus légitime et le plus naturel dont ils sont la conséquence, on donne à ce phénomène le nom *d'auto-intoxication*, par opposition aux phénomènes d'*hétéro-intoxication*, qui ont leur origine dans les substances étrangères au milieu alimentaire normal et aux produits qui en dérivent par le fait des réactions nutritives.

La manière la plus simple d'expliquer l'auto-intoxication pour la soumettre à une analyse méthodique consiste à assimiler les actes nutritifs aux phénomènes *limitatifs* dont la physique et la chimie offrent de nombreux exemples. On sait en effet que la plupart des transformations qui peuvent affecter une substance ou un groupe de substances dans des conditions déterminées, cessent à un certain instant de se produire par le fait de la présence en quantités suffisantes des produits de la transformation. C'est ce qui arrive dans le cas de la formation de la vapeur d'eau en vase clos, dans la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge, dans la dissociation du carbonate de chaux, dans la dissolution d'un sel dans l'eau ou un autre liquide, etc. Dans tous ces cas, il se produit une *saturation* du milieu, ce mot exprimant un état d'équilibre qui s'établit entre deux tendances inverses, ou, comme on dit, entre deux actions réversibles, par exemple la combinaison de deux corps et la dislocation du composé produit.

Cette assimilation devient très légitime si l'on se rappelle que, d'après les explications données plus haut, une certaine quantité

de substance alimentaire se dédouble en deux parties conformément à la formule

$$m = s + n.$$

Il en résulte que, par action réversible, l'ensemble $s + n$ tend à reformer la substance primitive $m$. Il y a donc ici deux actions opposées dont la première reste constante et dont la seconde, d'abord faible, augmente par le fait de l'accumulation des produits secondaires désignés par $n$. Celle-ci finit par devenir équivalente à la première, et cet état d'équilibre entraîne la cessation de la réaction nutritive, cessation qui caractérise l'auto-intoxication. D'ailleurs dans cette réaction, comme dans toutes les transformations à caractère limitatif, cet état d'équilibre est détruit quand on enlève totalement ou partiellement les produits de la transformation, ce qui permet à la réaction arrêtée de reprendre sa marche.

Cette interprétation est encore justifiée par ce fait que l'on rattache actuellement presque toutes les réactions vitales aux transformations chimiques effectuées par les substances désignées sous le nom de diastases. Or précisément, les transformations diastasiques sont, comme les autres transformations chimiques, limitées par les produits de la transformation.

« Toutes les expériences, dit M. Duclaux, aboutissent à la même » conclusion, c'est que les produits de la réaction ont une influence » retardatrice. Comme ils augmentent naturellement à mesure » que la réaction avance, leur influence augmente aussi, et nous » sommes naturellement conduits à nous demander si ce n'est pas » à cette influence retardatrice qu'est dû le retard croissant de la » réaction et la lenteur qu'elle met toujours à se terminer (1). »

Actuellement, pour soumettre au calcul le phénomène ainsi interprété, il faut trouver dans l'expérience un résultat numérique qui en fournisse la mesure. Or, en cherchant les circonstances dans lesquelles se produit l'action retardatrice dont nous venons de parler, M. Duclaux constate que la transformation chimique opérée par la diastase s'arrête quand il y a, non pas une quantité constante, mais une proportion constante de substance décomposée. « Ce sont, dit-il, les proportions qui paraissent jouer, quand il » s'agit des diastases, le rôle que jouent les quantités absolues, » quand il s'agit des acides. »

Nous regarderons ce résultat comme applicable aux phénomènes vitaux et nous prendrons comme point de départ de nos calculs

(1) Duclaux. *Traité de Microbiologie*, t. II, page 140.

l'hypothèse exprimant que *le phénomène nutritif s'arrête quand le rapport du poids de la substance de désassimilation produite au poids de la substance nutritive atteint une certaine valeur, fixe dans les conditions où l'on opère, et variable avec ces conditions.*

Ainsi envisagé, le phénomène de la nutrition devient analogue à celui de la dissolution, qui cesse lorsque le rapport de la masse dissoute à la masse dissolvante atteint la valeur limite, désignée sous le nom de *coefficient de solubilité.* Par analogie, nous donnerons le nom de *coefficient d'auto-intoxication* au rapport limite qui caractérise l'arrêt de la nutrition.

Cela étant, pour calculer l'accroissement $ds$ de substance cellulaire pendant le temps $dt$, nous admettrons, comme dans la question précédente, qu'il est proportionnel à la quantité $s$ de substance cellulaire déjà formée et à la quantité $m$ de matériaux nutritifs. D'autre part, en désignant par $n$ la quantité de substances de désassimilation déjà répandues dans le milieu alimentaire à l'instant considéré, nous savons, d'après ce qui précède, que le rapport $\frac{n}{m}$ influe sur la valeur de $ds$. Comme la nutrition s'arrête au moment où le rapport $\frac{n}{m}$ atteint la valeur du coefficient d'auto-intoxication que nous désignerons par $N$, nous admettrons que l'expression de $ds$ contient le facteur $N - \frac{n}{m}$, ce qui est la manière la plus simple d'exprimer que $ds$ décroît quand $\frac{n}{m}$ augmente, et s'annule pour $\frac{n}{m} = N$.

Dans ces conditions, et en désignant par $k$ un coefficient constant, on peut écrire la valeur de $ds$ sous la forme :

$$ds = kms \left( N - \frac{n}{m} \right) dt.$$

Cette équation contient, outre la variable $s$, les deux variables $m$ et $n$, en sorte que deux autres équations sont nécessaires pour déterminer le problème. Nous les formerons, en admettant que les variations $dm$ et $dn$ des quantités $m$ et $n$ suivent les mêmes lois que la variation $ds$ de la substance cellulaire, hypothèse légitime d'ailleurs puisque ces variations représentent des phénomènes concomitants de même nature, dont la marche se retarde et s'arrête pour les mêmes causes. Nous avons ainsi le système des trois équations simultanées :

$$\begin{cases} ds = kms\left(N - \dfrac{n}{m}\right) dt \\ dm = -k'ms\left(N - \dfrac{n}{m}\right) dt \\ dn = k''ms\left(N - \dfrac{n}{m}\right) dt \end{cases}$$

lequel peut s'écrire après simplification :

$$\begin{matrix} (22) \\ (23) \\ (24) \end{matrix} \begin{cases} ds = ks\,(Nm - n)\,dt \\ dm = -k's\,(Nm - n)\,dt \\ dn = k''s\,(Nm - n)\,dt \end{cases}$$

Le coefficient $k$ est encore le *coefficient d'absorption* ; le coefficient $k'$, celui de *destruction* ; enfin le coefficient $k''$ peut être appelé le *coefficient de désassimilation*. Nous ferons remarquer d'ailleurs que la masse alimentaire $m$ se répartissant entre la substance cellulaire et les substances de désassimilation, les coefficients $k$ et $k''$ sont l'un et l'autre inférieurs à $k'$, et que dans le cas où tous les matériaux de désassimilation s'accumuleraient sans élimination aucune dans la masse alimentaire, on aurait entre ces trois coefficients la relation

$$k' = k + k''.$$

Avant de résoudre ce système, nous remarquerons qu'en divisant membre à membre les équations (22) et (23), on a

$$\frac{ds}{dm} = -\frac{k}{k'}$$

d'où par intégration

$$(25) \quad \frac{s - s_0}{m_0 - m} = \frac{k}{k'}$$

résultat déjà trouvé dans la question précédente.

L'élimination des deux variables $m$ et $n$ entre les équations (22), (23) et (24), conduit pour calculer $s$ à l'équation suivante.

$$(26) \quad s\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} + (k'N + k'')\,s^2\frac{ds}{dt} = 0.$$

On remarquera que cette équation est exactement de même forme que l'équation (14) obtenue dans la question précédente, avec la seule différence que la constante $k'$ est remplacée par la constante $k'N + k''$. Les calculs ultérieurs se comportent donc de la même manière et conduisent à des résultats de même forme, la seule différence résidant dans la valeur des constantes déjà men-

tionnées. Il suffit donc de se reporter à tout ce qui a été trouvé dans la question précédente et aux énoncés qui la résument.

Ceci nous montre que les deux questions traitées : celle de l'inanition et celle de l'auto-intoxication, sont deux questions de même nature. Pour s'en convaincre directement, il suffit d'observer que le calcul précédent repose sur l'hypothèse que la masse alimentaire $m$ va en décroissant sans être renouvelée, en sorte que la substance cellulaire est soumise non-seulement à la condition de l'auto-intoxication, mais encore à celle de l'inanition. L'auto-intoxication est donc une condition nouvelle, qui, surajoutée à celle de l'inanition, ne modifie pas la nature et la marche du phénomène ; toute son action consiste à changer la valeur de certains paramètres, comme on peut s'en convaincre en comparant les deux équations différentielles.

$$s\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} + k's^2\frac{ds}{dt} = o.$$

$$s\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} + (k'N + k'')s^2\frac{ds}{dt} = o.$$

En faisant $k'' = o$, c'est-à-dire en supprimant le coefficient qui correspond à l'accumulation des substances de désassimilation, la seconde équation reproduit la première.

Or, on peut étendre très-largement ce point de vue et montrer que plusieurs modes de nutrition rentrent dans une même catégorie.

En effet, supposons en premier lieu, que dans le problème de l'auto-intoxication, on supprime la condition de l'inanition en renouvelant les aliments au fur et à mesure de leur disparition. Il ne reste plus alors que l'auto-intoxication dont on se propose de mesurer l'effet. Pour faire le calcul dans cette hypothèse, nous remarquons qu'elle revient à supposer constante la valeur de la masse alimentaire $m$. Celle-ci restant ainsi constamment égale à sa valeur initiale $m_0$, sa différentielle $dm$ est par suite nulle. Les équations du problème se réduisent alors aux deux suivantes :

$$\begin{cases} ds = ks\,(Nm_0 - n)\,dt \\ dn = k''s\,(Nm_0 - n\,dt) \end{cases}$$

entre les deux variables $s$ et $n$. L'élimination de $n$ nous donne

$$s\frac{d^2s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} + k''s^2\frac{ds}{dt} = o.$$

Or, cette équation est encore de même forme que les précédentes et se déduit de la dernière en y faisant $k'' = o$, ce qui revient à exprimer que le coefficient de destruction de la substance nutritive se réduit à zéro.

En second lieu nous pouvons imaginer qu'il n'y ait ni inanition, ni auto-intoxication, c'est-à-dire supposer constantes les conditions relatives au milieu extérieur. Nous nous trouvons ainsi dans le cas cinématique étudié plus haut de la nutrition uniforme, dans lequel la marche du phénomène est représentée par l'équation

$$s = s_0 e^{kt}.$$

Or, si nous introduisons ces hypothèses dans l'équation (26), c'est-à-dire si nous y supposons à la fois $k' = o$, $k'' = o$, cette équation se réduit à

$$s \frac{d^2 s}{dt^2} - \frac{ds^2}{dt^2} = o,$$

dont l'intégrale est précisément

$$s = s_0 e^{kt}.$$

Le cas de la nutrition uniforme rentre donc encore dans le même groupe de phénomènes.

On voit ainsi que l'équation différentielle (14) et l'équation intégrale (18) qui s'en déduit, équations qui donnent la solution du problème de l'auto-intoxication avec inanition, sont des équations générales renfermant comme cas particuliers celles qui correspondent à l'auto-intoxication sans inanition, à l'inanition sans auto-intoxication, et finalement à la nutrition sans inanition ni auto-intoxication.

Or, le groupement ainsi réalisé par le calcul n'est pas purement artificiel ; il correspond au contraire à la réalité des choses. En effet, quand une espèce cellulaire évolue dans un milieu naturel ou non, il est clair que, si ce milieu est limité et si le phénomène est abandonné à lui même, l'aliment s'épuise et les substances de désassimilation s'accumulent ; il y a à la fois inanition et auto-intoxication. Pour que l'une ou l'autre de ces deux circonstances disparaisse ou qu'elles disparaissent toutes les deux, c'est-à-dire pour que l'aliment soit renouvelé, comme aussi pour que les produits de désassimilation soient éliminés, il faut des dispositions spéciales souvent assez difficiles à réaliser.

En résumé, la nutrition, que j'appellerai la nutrition normale, peut se faire suivant quatre modes, le premier étant le mode général, les trois autres, des modes particuliers :

1° avec inanition et auto-intoxication;
2° avec auto-intoxication sans inanition;
3° avec inanition sans auto-intoxication;
4° sans inanition, ni auto-intoxication.

Les trois premiers modes présentent le caractère commun de se développer suivant les mêmes circonstances et de ne différer que par une question de plus ou de moins. La courbe représentative du phénomène est de même nature dans les trois cas et possède la propriété d'admettre un point d'inflexion et une asymptote supérieure, cette asymptote étant plus basse dans le premier cas que dans les deux autres. Seul le quatrième mode diffère ; comme il représente la nutrition sans entrave, la courbe qui le traduit, au lieu de s'infléchir et de limiter sa montée, s'élève indéfiniment.

## IV

## VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES

Les procédés que nous venons d'employer n'auraient aucune raison d'être si les résultats obtenus à l'aide de nos hypothèses n'étaient pas en concordance avec les résultats expérimentaux. Il est donc nécessaire, pour compléter et justifier notre exposition, de montrer qu'il ne s'agit pas ici de conceptions purement théoriques, et que, si nous avons dû formuler des abstractions, celles-ci ne cessent pas de s'accorder avec la réalité des choses, et que par suite il est possible de les adapter à la pratique pour obtenir des applications intéressantes et utiles.

Les calculs que nous avons faits nous conduisent donc à des expériences de vérifications. Si les hypothèses qui nous ont servi de point de départ sont l'expression de faits constatés, cette vérification est, à proprement parler, inutile ; il n'en est pas de même, si ces hypothèses ont été formulées *à priori*. Or dans les deux problèmes d'inanition et d'auto-intoxication, nous avons admis, non sans raison, mais enfin sans justification rigoureuse, que l'accroissement $ds$ de substance vivante est proportionnel à la fois à la quantité de cette substance déjà existante et de la masse nutritive. C'est donc, en définitive, cette hypothèse qu'il s'agit de confirmer ou d'infirmer.

L'unique moyen à employer consiste à faire des expériences dans lesquelles on réalise aussi approximativement que possible

les circonstances mentionnées dans les énoncés, et à vérifier si les choses se passent comme nous l'avons annoncé. Si la vérification ne se produit pas, l'hésitation n'est pas permise : l'hypothèse doit être rejetée. Si au contraire la vérification a lieu, sommes-nous en droit de conclure à l'exactitude de l'hypothèse ? Sans doute si la vérification ne porte que sur un résultat, il serait prématuré d'affirmer cette exactitude, car plusieurs hypothèses peuvent conduire au même résultat. Mais, s'il s'agit de plusieurs résultats, si en outre la vérification porte sur tout un ensemble de faits, qui peuvent être de nature différente, il est difficile d'admettre qu'on peut arriver à ces mêmes résultats par plusieurs voies ou hypothèses différentes.

Considérons par exemple l'équation intégrale (18)

$$(18) \quad s = \frac{Cs_0 e^{Ct}}{km_0 + k's_0 e^{Ct}}$$

que nous avons obtenue comme solution du problème de l'inanition. dans laquelle nous avons posé pour abréger

$$C = km_0 + k's_0.$$

Cette équation entre les deux variables $s$ et $t$, représentée géométriquement par la courbe que nous avons construite, est déterminée non-seulement pour sa forme analytique, mais encore par les constantes qu'elle renferme. Les constantes sont d'une part les valeurs initiales $s_0$ et $m_0$ des deux substances qui, par leurs réactions mutuelles, produisent l'acte nutritif, et d'autre part les deux coefficients $k$ et $k'$. Or, les deux constantes $s_0$ et $m_0$ peuvent et doivent être déterminées par une mesure directe ; mais il n'en est pas de même des deux constantes $k$ et $k'$. D'abord leur existence est jusqu'à un certain point, liée à l'exactitude de l'hypothèse à vérifier ; en outre leur mesure directe est non seulement difficile, mais presque impossible. Le coefficient d'absorption $k$ représente en effet l'augmentation de l'unité de masse cellulaire en présence de l'unité de masse nutritive pendant l'unité de temps, la nutrition étant supposée s'effectuer dans les mêmes conditions pendant tout cet intervalle de temps. Or, cette dernière circonstance, qui exige la constance de quantités essentiellement variables par leur nature, rend presque impossible, du moins très difficile, la mesure directe de ce coefficient.

Pour tourner la difficulté, on devra procéder de la manière suivante. On déterminera, par mesures directes, deux valeurs particulières de $s$, $s'$ et $s''$, correspondant à deux valeurs $t'$ et $t''$ du temps, et

l'on portera ces valeurs dans la relation (18). On aura deux équations entre les paramètres inconnus $k$ et $k'$, permettant de les calculer. Les quatre paramètres qui définissent la courbe représentée par l'équation (18) sont alors complètement déterminés, et alors parmi les courbes en nombre infini représentées par cette équation et correspondant aux mêmes valeurs $s_0$ et $m_0$, on a celle qui passe en particulier par les deux points dont les ordonnées sont $s$ et $s''$.

Cela étant, on déterminera directement les valeurs de $s$ correspondant à d'autres valeurs du temps en nombre arbitraire et aussi grand que possible, et l'on cherchera si chaque couple de valeur de $s$ et de $t$ satisfait à l'équation (8). Si cette équation est ainsi constamment satisfaite, tous les points qui correspondent à ces systèmes de valeur de $s$ et de $t$ se trouvent sur la courbe. Il est difficile alors de ne pas généraliser et de ne pas étendre la même propriété aux faits non observés, et par suite il est légitime de dire que la formule (8) est, dans la limite de l'observation, la traduction des phénomènes. Par conséquent les équations différentielles (11) et (12), qui conduisent à l'équation (18), sont, elles aussi, applicables dans les mêmes limites; par conséquent enfin les hypothèses qu'elles traduisent peuvent être regardées comme une interprétation satisfaisante de l'acte nutritif.

Au lieu de procéder de cette façon qui est la seule vraiment rigoureuse, nous nous contenterons de nous reporter à des expériences faites en dehors de nos conceptions théoriques, mais à peu près dans les conditions fixées par nos énoncés, et nous rechercherons si les résultats obtenus par les expérimentateurs concordent avec ceux que nous avons formulés.

Nous allons, dans ces vérifications partielles, suivre l'ordre même de nos conséquences.

En premier lieu, nous nous occuperons de la forme de la courbe qui représente d'une manière sensible la variation de substance vivante en fonction du temps. A ce sujet, un certain nombre de réactions vitales directement observées ont été représentées dans leur ensemble par des courbes empiriquement tracées.

Voici en premier lieu deux exemples empruntés au *Traité de Microbiologie* de M. Duclaux. La figure (3) ci-contre représente la courbe de multiplication de la levûre de bière dans le cas de vie aérobie et M. Duclaux en fait ressortir la forme parabolique. La figure (4) représente la courbe de multiplication de la levûre de bière en vie anaérobie; sa forme est très différente de la première.

Est-il possible de regarder ces formes comme concordant avec celle de la courbe représentée par la figure (2) que nous avons trouvée? Je ferai d'abord remarquer, en nous reportant à la

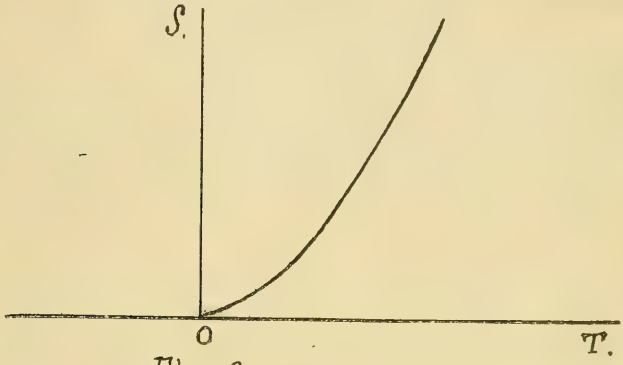



Fig. 3.

formule (18) que si la quantité initiale $s_0$ de substance cellulaire est faible par rapport à la provision nutritive $m_0$, on peut, sans erreur sensible, et, pour des valeurs non trop grandes de $t$, négliger le second terme du dénominateur. Il nous reste alors

$$s = \frac{ks_0 e^{Ct}}{Cm_0}$$

équation d'une logarithmique que nous avons vue pouvoir être regardée dans certains cas comme une parabole.

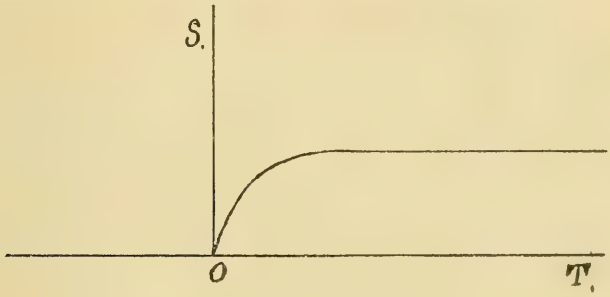



Fig. 4.

Nous ferons remarquer, en second lieu, en ce qui concerne la courbe (2) présumée exacte, que le phénomène qu'elle représente peut être étudié, non pas dans toute son étendue, mais seulement

dans une certaine phase. Or, suivant que la phase ainsi étudiée est plus ou moins voisine du point d'inflexion, d'un côté ou de l'autre de ce point, la portion de courbe tracée ne peut avoir la même forme dans tous les cas. Cela explique donc très-bien la différence de forme des courbes représentées par les figures (3) et (4).

Indépendamment de ces deux cas particuliers et des autres analogues, j'ai eu la satisfaction de trouver une courbe représentant un acte nutritif pendant une période de temps très étendu. Cette courbe représentée par la figure (5) est celle de la multipli-

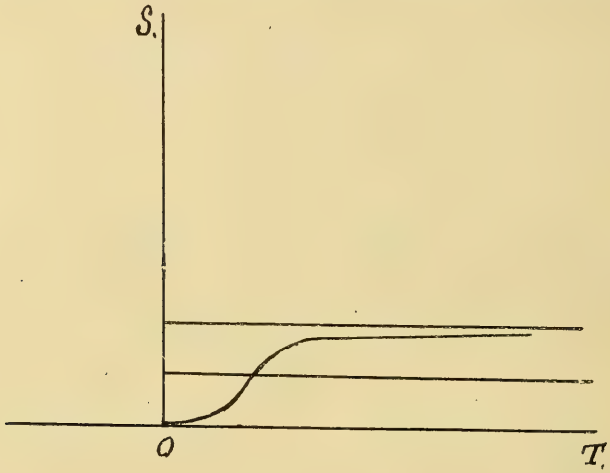



Fig. 5.

cation de la levûre de bière dans des conditions normales, par opposition à ce qui se passe dans le cas où elle est soumise à une pression graduellement croissante. Cette courbe ressemble à la courbe de la figure (2) autant qu'une courbe tracée empiriquement peut ressembler à une courbe théorique. Elle met très clairement en évidence le caractère asymptotique du phénomène et présente la caractéristique du point d'inflexion situé exactement à mi-hauteur entre les deux asymptotes. Cette courbe est empruntée au traité de Physique biologique de MM. d'Arsonval et Gariel (1).

Je signalerai enfin ce fait que M. Frédéric Houssay a pris occasion de la forme de la courbe (fig. 2), que j'assigne comme représentation

(1) D'Arsonval et Gariel. Physique biologique, tome I, page 1039.

d'un acte nutritif, pour chercher à l'appliquer à un acte encore plus compliqué, celui du développement de jeunes poulets. Il a coordonné et représenté par des courbes les résultats d'expériences nombreuses ; et dans chacune de ces courbes il a constaté le point d'inflexion dont nous avons signalé l'existence (1).

Cette vérification relative à la forme de la courbe est donc aussi complète que possible. Elle peut d'ailleurs être regardée comme largement suffisante, puisqu'elle est en réalité une vérification globale, ayant la même généralité que la courbe elle-même. Néanmoins il n'est pas inutile de mettre en évidence un certain nombre d'autres vérifications partielles, dont quelques-unes sont intéressantes.

1° J'ai énoncé plus haut (page 161) la proposition suivante :

*Le rapport du poids de la substance cellulaire formée pendant un certain temps au poids de la substance nutritive détruite pendant le même temps est constant et inférieur à l'unité.*

Or il est un cas très intéressant à tous les points de vue, dans lequel on a pesé méthodiquement à la fois la récolte produite et les aliments dépensés. Ce cas est celui de la culture de l'*Aspergillus niger* par la méthode de Raulin. Le sucre est l'aliment de choix de l'*Aspergillus*, et voici, d'après M. Duclaux, les résultats obtenus :

« Tout à fait au début de la germination, le poids de plante est » une *fraction* notable du poids du sucre consommé, *la moitié*, ou » même davantage. Il faudrait, pour pouvoir donner des chiffres » plus précis, tenir compte du poids des spores ensemencées qui » apportent évidemment leur part de matière organique et four- » nissent une partie du tout jeune mycélium. Mais bientôt tout se » régularise. Le rapport entre le poids de plante obtenu et le poids » de sucre consommé se fixe au voisinage de 1/3 et ne varie plus » jusqu'au moment de la fructification. »

Et quelques lignes plus loin : « Tant que la plante est jeune et » qu'elle prolifère, elle donne couramment environ 1 de plante pour 3 de sucre (2). »

Cet exemple n'est pas unique ; M. Duclaux montre par de nombreux cas particuliers de culture qu'il y a là un fait physiologique très général. Seulement le rapport $\frac{k}{k'}$ est variable suivant les espèces et aussi suivant les conditions de culture. C'est ainsi que,

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 mai 1902.
(2) Duclaux, *Traité de Microbiologie*, t. I., ch. X, p. 195 et 196.

pour la levûre de bière se développant en vie aérobie, ce rapport est égal à $\frac{1}{4}$ environ, tandis qu'en vie anaérobie, ce rapport est beaucoup plus petit et peut prendre les valeurs

$$\frac{1}{8} \quad \frac{1}{23} \quad \frac{1}{39} \quad \frac{1}{75} \quad \frac{1}{150} \text{ (1).}$$

2° J'ai encore énoncé (page 161) les propositions suivantes :

*Les variations de substance cellulaire et de substance nutritive peuvent être assez grandes ; mais cette rapidité de variation ne se maintient que pendant un intervalle de temps généralement de faible durée.*

*A partir d'un certain instant et pendant un temps assez long les variations de substance cellulaire et de substance nutritive deviennent beaucoup plus lentes et restent sensiblement uniformes.*

J'ajouterai que la formule qui fournit la perte de substance nutritive pendant un certain temps à partir de l'instant origine, formule que je n'ai pas calculée plus haut est :

$$m_0 - m = \frac{k_0' \, m_0 \, s_0 \, (e^{Ct} - 1)}{k \, m_0 + k' \, s_0 \, e^{Ct}}$$

On voit par là que *cette déperdition est d'autant plus grande que la substance cellulaire primitive est plus abondante et que son coefficient d'absorption est plus petit. Cette déperdition augmente également avec la provision nutritive.*

Pour trouver une confirmation de ces énoncés, je m'adresse à un phénomène plus compliqué que celui des cultures microbiennes et je prends comme exemple ce qui se passe dans les expériences tentées par les jeûneurs de profession. Quand un homme adulte se soumet au jeûne en se maintenant à l'état de repos sans cesser d'absorber l'eau qui doit maintenir le milieu dans le même état de dilution et permettre en outre l'élimination indispensable, il vit aux dépens des réserves nutritives, albumine circulante, sucre, graisse, préalablement accumulées dans l'organisme. Ces réserves nutritives vont donc en diminuant, et, comme elles faisaient partie intégrante de l'ensemble qui forme le corps de l'individu, le poids de celui-ci va en diminuant. Donc, au moins pendant les premiers temps du jeûne, la perte de poids représente la perte en matériaux nutritifs ; quant à l'appréciation en nature et en poids des

(1) Duclaux, *Microbiologie*, t. III, ch. II, p. 32-35.

diverses natures d'aliments, elle se fait par l'analyse des matériaux d'élimination.

Or, nous trouvons dans le traité de Pathologie générale de M. Bouchard, dans un article fort remarquable et très intéressant, dû à M. Lambling, sur l'inanition totale et l'alimentation insuffisante les résultats suivants relatifs à la disparition des réserves nutritives dans le jeûne :

« En ce qui concerne la consommation d'albumine, l'organisme » traverse une période préliminaire, *pendant laquelle on le voit* » *dépenser d'autant moins économiquement ses réserves d'albumine* » *que les apports de matériaux azotés ont été plus nombreux avant* » *l'inanition.* Puis il s'établit un régime de moindre dépense azotée, » *qui se maintient au même taux pendant un grand nombre de jours.* »

C'est exactement et presque sous la même forme ce que nous avons annoncé.

Si l'on compare maintenant les aliments de diverses natures, par exemple les albumines et les graisses qui diffèrent par leur valeur nutritive, puisqu'à l'albumine destinée à entrer dans les tissus correspond un coefficient d'absorption plus grand que celui des graisses qui n'entrent pas ou n'entrent que pour une faible part dans leur composition, on constate que la déperdition d'albumine est beaucoup moindre que celle de la graisse, chose conforme à nos prévisions.

Ainsi dans l'expérience de Ranke à Munich « le sujet dépensait » au deuxième jour de jeûne :

| | |
|---|---|
| » Albumine . . . . . | 50 gr. 15. |
| » Graisse . . . . . | 206 gr. ». |

Enfin le coefficient d'absorption de l'albumine doit lui-même être considéré comme variable suivant les circonstances. En effet, dans le cas d'absence de graisses ou d'hydrocarbones, une partie de l'albumine de l'alimentation est destinée à suppléer à cette insuffisance. Le coefficient d'absorption diminue par ce fait, et cette diminution entraîne d'après notre calcul une augmentation dans la déperdition d'albumine. Or, en se reportant à l'expérience, on constate que » les chiffres précédents se rapportent à un sujet de poids initial de » 63 kg. 6 à réserves graisseuses abondantes. Au contraire Cetti, » jeûneur de Berlin, qui était maigre, consommait au premier jour » de jeûne :

| | |
|---|---|
| » Albumine . . . . . | 88 gr. |
| » Graisse. . . . . | 160 gr. |

» au dixième jour de jeûne :

» Albumine . . . . . 61 gr. 4
» Graisse. . . . . 125 gr. [illegible].

Et M. Lambling ajoute : « On remarque combien chez Cetti la » dépense d'albumine a été plus considérable puisqu'elle s'est » élevée à près de la moitié de la graisse consommée.

» Les réserves de graisse permettent donc à l'organisme en état » d'inanition de diminuer les dépenses d'albumine (1). »

La concordance avec les résultats du calcul ne cesse donc pas de persister.

Enfin, en ce qui concerne le coefficient de destruction $k'$ de la graisse, nous ferons remarquer que ce coefficient est variable, et que, d'après notre théorie, ses variations doivent exercer leur influence sur la perte de graisse pendant l'inanition. Suivant que ce coefficient augmente ou diminue, la destruction de la graisse est elle-même plus grande ou plus petite. En particulier les obèses doivent être considérés comme caractérisés par une faible valeur du coefficient $k'$. Dès lors dans le traitement de l'obésité qui a pour objet la disparition de cet excès de graisse, on doit procéder d'après les indications suivantes :

La cure d'inanition ne peut pas être appliquée, purement et simplement, parce qu'elle devrait être prolongée trop longtemps ;

Il faut avant tout chercher à augmenter le coefficient de destruction de la graisse, par exemple en obligeant le malade à effectuer un travail mécanique assez considérable, ou en le soumettant à l'action d'une température un peu basse ;

L'absorption de substances albuminoïdes ne doit pas être défendue ; car leur présence ne peut pas diminuer la perte en graisse.

3° Enfin une troisième et dernière vérification est relative à l'énoncé de la page 161, ainsi formulé :

*La quantité limite de substance cellulaire susceptible de se former ne dépend pas de la quantité initiale de cette substance, mais uniquement de la provision nutritive à laquelle elle est proportionnelle.*

En établissant, avec toute la précision possible, le bilan de la fermentation alcoolique, M. Duclaux relève dans un tableau les observations de Pasteur concernant l'augmentation du poids de la levûre. J'extrais de ce tableau les chiffres suivants :

(1) Bouchard, Pathologie générale, t. IV, 1re partie, page 102.

| $m_0$ Poids de sucre | $s_0$ Poids de levûre mise en œuvre | $s_2 - s_0$ Augmentation de poids |
|---|---|---|
| 1° 100 gr. | 2 gr. 313 | 1 gr. 258 |
| 2° 100 » | 2 » 626 | 1 » 303 |
| 3° 100 » | 1 » 198 | 1 » 133 |
| 4° 50 » | 2 » 213 | 0 » 607 |
| 5° 20 » | 0 » 476 | 0 » 247 |

On remarque que, dans les première, deuxième et troisième expériences, où l'on a employé le même poids de sucre avec des poids de levûre assez différents, les augmentations de poids de cette levûre diffèrent en réalité assez peu les uns des autres et donnent comme valeur moyenne le chiffre de 1, 2. Or, la quatrième expérience faite avec un poids de sucre deux fois plus petit, donne une augmentation de 0,6 moitié de 1, 2 ; et la cinquième, faite avec cinq fois moins de sucre, donne une augmentation de 0,24 qui est le cinquième de 1, 2.

M. Duclaux cite encore une autre expérience de Pasteur faite avec 200 gr. de sucre candi et *une trace* de levûre, laquelle a donné un poids total de levûre égal à 2 gr. 503, c'est-à-dire à peu de chose près le double du poids moyen 1, 2 qui correspond à 100 gr. de sucre. — Enfin dans une de ses propres expériences faites avec 5 gr. de sucre et 0 k. 104 de levûre, M. Duclaux a trouvé une augmentation de 0 gr. 067, c'est-à-dire approximativement le 20e de 1, 2, comme 5 est lui-même le 20e de 100.

Tous ces résultats, d'une parfaite concordance, prouvent, comme nous l'avons annoncé, que la formation de levûre de bière est à la fois indépendante de la quantité de levûre préexistante et proportionnelle à la quantité de sucre qui est son principal aliment.

## V

## CONCLUSION

Nombreuses sont les questions de dynamique vitale que nous pourrons avoir à traiter sur la vie cellulaire. Plus nombreuses encore et plus difficiles sont celles qui concernent la vie des systèmes cellulaires, c'est-à-dire la vie des êtres organisés. Notre objet, en écrivant ces pages, n'était pas de les exposer toutes, et nous nous contentons des deux exemples que nous avons traités comme applications des principes généraux que nous avons exposés.

Est-il nécessaire d'insister plus que nous ne l'avons fait dans le cours de cet article sur les avantages que l'on peut retirer de l'emploi de cette méthode ? Il suffit, me semble-t-il, de regarder ce qui a été fait dans les autres branches des sciences d'observations, pour se rendre compte des résultats remarquables obtenus par l'emploi de la méthode rationnelle et de la méthode analytique qui la complètent. Considérons les progrès énormes réalisés dans l'astronomie, la mécanique appliquée, la physique mathématique en général, et en particulier l'optique et l'électricité. Les mathématiques sont vraiment le levier qui soulève et qui pèse les mondes ; pourquoi ne les adapterait-on pas à ce qui se passe auprès de nous, en nous? pourquoi ne permettrait-on pas à leur puissance d'investigation de pénétrer dans les profondeurs du mystère de la vie ?

Avec les mathématiques plus largement employées, on verra s'introduire dans les sciences biologiques plus de méthode, plus de rigueur, plus de précision. Pour employer une expression vulgaire, mais significative, on se paiera moins de mots qu'on ne le fait aujourd'hui, surtout dans les diverses branches des sciences médicales où le mot se substitue trop souvent à l'idée.

On comprendra enfin que la pathologie et la thérapeutique, cette dernière surtout faite presque exclusivement d'empirisme, auront de très grands avantages à retirer de l'emploi de cette discipline plus rigoureuse qui en fera des sciences plus méthodiques. Partout l'expérience pourra être guidée, éclairée, systématisée ; et partout encore, les résultats de ces expériences seront susceptibles de fournir des applications intéressantes et utiles.

(Sorti des presses en Mars 1903).

# TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le Volume IV (Neuvième série).

Pages

André (D.). — Liste des Travaux d'Eugène Vicaire . . . . . 123

Bouvier (E.-L.). — Le *Peripatus ecuadorensis* . . . . . 53

Chauveaud (G.). — Recherches sur le développement de l'appareil conducteur dans la racine des Équisétacées . . . . . 26

Deschamps (J.-J.). — Principes de la biologie rationnelle . . . 127

Filhol (H.). — Contribution à l'étude des Félidés fossiles dont on a découvert les restes dans les cavernes des Pyrénées . . . 104

Laisant (C.-A.). — Propriété élémentaire du triangle . . . . 121

Lécaillon (A.). — Sur le testicule d'*Anurophorus laricis* Nic. . 46

Lécaillon (A.). — Sur la disposition, la structure et le fonctionnement de l'appareil reproducteur mâle des Collemboles . . 99

Loyez (M^lle^ Marie). — Les premiers stades du développement de la vésicule germinative chez les Reptiles (Sauriens et Chéloniens). 63

Mocquard (F.). — Sur une collection de Reptiles et de Batraciens recueillis par M. Alluaud dans le sud de Madagascar . . . 5

Rabaud (E.). — Les états pathologiques et les états tératologiques. 77

Table des matières . . . . . 179

LILLE. — IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

# TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE FASCICULE


Pages

**Laisant** (C.-A.). — Propriété élémentaire du triangle . . . . . 121

**André** (D.). — Liste des Travaux scientifiques d'Eugène Vicaire. . . . 123

**Deschamps** (J.-J.). — Principes de la biologie rationnelle . . . . . 127

Table des matières contenues dans le volume IV (Neuvième série). . . 179


## LE PRIX DES TIRÉS A PART EST FIXÉ AINSI QU'IL SUIT :

| | 25 ex. | 50 ex. | 75 ex. | 100 ex. | 150 ex. | 200 ex. | 250 ex |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Une feuille . . . . . | 4.50 | 5.85 | 7.20 | 8.10 | 10.60 | 12.85 | 14.85 |
| Trois quarts de feuille | 4 » | 5 » | 6 10 | 7 » | 9 » | 10.60 | 12.15 |
| Une demi-feuille . . . . | 3.15 | 4 » | 5 » | 5.60 | 7.20 | 8.10 | 9 » |
| Un quart de feuille . | 2.70 | 3.60 | 4 25 | 4.75 | 5.60 | 6.30 | 8.85 |
| Un huitième de feuille | 2 » | 2.70 | 3.15 | 3.60 | 4.05 | 4.50 | 5 » |
| Plusieurs feuilles. . . . | 4 » | 5.40 | 6.30 | 7.20 | 9 » | 11.70 | 14 » |

# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

| | |
|---|---|
| 1re série : 1789-1805 | 3 volumes in-4° |
| 2e série : 1807-1813 | 3 volumes in-4° |
| 3e série : 1814-1826 | 13 fascicules in-4° |
| 4e série : 1832-1833 | 2 volumes in-4° |
| 5e série : 1836-1863 | 28 fascicules in-4° |
| 6e série : 1864-1876 | 13 fascicules in-8° |
| 7e série : 1877-1888 | 11 volumes in-8° |

Chaque année pour les Membres de la Société . . . . . 5 francs
— pour le public. . . . . 12 francs

# Mémoires originaux publiés par la Société Philomathique

A L'OCCASION DU

## CENTENAIRE DE SA FONDATION

## 1788-1888

Le recueil des mémoires originaux publié par la Société philomathique à l'occasion du centenaire de sa fondation (1788-1888) forme un volume in-4° de 437 pages, accompagné de nombreuses figures dans le texte et de 24 planches. Les travaux qu'il contient sont dus, *pour les sciences physiques et mathematiques*, à : MM. Désiré André ; E. Becquerel, de l'Institut ; Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Institut ; Bouty ; Bourgeois ; Descloizeaux, de l'Institut ; Fouret ; Gernez ; Hardy ; Haton de la Goupillière, de l'Institut ; Laisant ; Laussedat ; Léauté ; Mannheim ; Moutier ; Peligot, de l'Institut ; Pellat. *Pour les sciences naturelles*, à : MM. Alix ; Bureau ; Bouvier ; Chatin ; Drake del Castillo ; Duchartre, de l'Institut ; H. Filhol ; Franchet ; Grandidier, de l'Institut ; Henneguy ; Milne-Edwards, de l'Institut ; Mocquard ; Poirier ; A. de Quatrefages, de l'Institut ; G. Roze ; L. Vaillant.

**En vente au prix de 35 francs**

CHEZ M. REYCKAERT, HÔTEL DES SOCIÉTÉS SAVANTES,
28, RUE SERPENTE, PARIS VIe

LILLE. IMPRIMERIE LE BIGOT FRÈRES

49 1630 (29)

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01526 6661